



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»****Институт физики высоких технологий****Направление 15.04.01 Машиностроение****Магистерская программа Физика высоких технологий в машиностроении****Кафедра Физика высоких технологий в машиностроении****МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

| Тема работы |
|--|
| Влияние формы наночастиц оксида алюминия на прочностные свойства эпоксидной смолы |

УДК 678.686:546.62:621.792.3**Студент**

| Группа | Ф.И.О. | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 4АМ41 | Султанов Халмурат Таиржанович | | |

Руководитель

| Должность | Ф.И.О. | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Профессор | Лернер М.И.. | Д.Т.Н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:**По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

| Должность | Ф.И.О. | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Гаврикова Н.А. | | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | Ф.И.О. | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------|
| Профессор | Федорчук Ю.М. | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | Ф.И.О. | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-------------|------------------------|---------|------|
| ФВТМ | С.Г. Псахье | д.ф-м.н., профессор | | |

Томск – 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий

Направление 150700 Машиностроение

Магистерская программа Физика высоких технологий в машиностроении

Кафедра Физика высоких технологий в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор

С.Г. Псахье

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

магистерской диссертации

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------------------|
| 4АМ41 | Султанов Халмурат Таиржанович |

Тема работы:

| | |
|---|----------------------|
| Влияние формы наночастиц оксида алюминия на прочностные свойства эпоксидной смолы | |
| Утверждена приказом ректора (дата, номер) | 12.05.2016, № 3456/с |

| | |
|--|-------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 16.06.2016г |
|--|-------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|--|
| Исходные данные к работе | Объектом исследования является процесс модифицирования эпоксидной смолы наноразмерными наполнителями оксида алюминия с различной формой |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | Изучение литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки в области модифицирования эпоксидных смол наноразмерными наполнителями; изучение механических свойств полученных композитов; анализ результатов выполненной работы; заключение |

| | |
|--|------------------------------------|
| Перечень графического материала | Презентация в Microsoft PowerPoint |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Гаврикова Н.А. |
| Социальная ответственность | Федорчук Ю.М. |
| Раздел выполненный на иностранном языке | Прохорец Е.К. |
| Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: 1. Реферат 2. Литературный обзор | |
| Материалы и методика эксперимента, результаты (исходные данные) | |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал руководитель:

| | | | | |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------|
| Должность | Ф.И.О. | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Профессор | Лернер М.И.. | д.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| Группа | Ф.И.О. | Подпись | Дата |
| 4АМ41 | Султанов Халмурат Таиржанович | | |

Запланированные результаты обучения по программе

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| P1 | Способность демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания физико-химических и технологических основ получения эпоксидных смол модифицированных наночастицами, и применять их для решения научных и инженерных задач наукоемкого производства на мировом уровне |
| P2 | Способность планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своей специализации с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы, использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности. |
| P3 | Способность интегрировать знания различных и смежных видов деятельности и решать задачи, требующие абстрактного мышления и оригинальности анализа для концептуализации инженерных моделей выбранного технологического направления |
| P4 | Способность оценивать экономическую эффективность новых разработок и их инновационную направленность, выполнять требования по защите окружающей среды |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 104 страниц, 14 рисунка, 25 таблиц, 1 приложения.

Ключевые слова: эпоксидная смола, наночастицы, деагломерация, композит, оксид алюминия

Объектом исследования является процесс модифицирования эпоксидной смолы наноразмерными наполнителями оксида алюминия с различной формой.

Целью настоящей работы являлась разработка эпоксидного композита с повышенными адгезионными свойствами путем модификации эпоксидного клея наночастицами оксида алюминия различной формы. Исследовались адгезионные свойства клея ЭД-20 в зависимости от концентрации и формы наномодификаторов. В работе показано, что введение нановолокон и сферических наночастиц алюминия в количестве 0,3% масс. и 3% масс., соответственно, приводит к увеличению предела прочности при разрыве клеевого соединения на 53 % по сравнению с немодифицированными образцами. Добавление агломератов наноллистов в количестве 0,3% масс и нанопластинок в количестве 0,6% масс способствует увеличению предела прочности, в среднем, на 19%.

Сокращения

ПНК – полимерный нанокомпозит

ЭС – эпоксидная смола

ПЭПА - полиэтиленполиамин

ИМТГФА – изо-метилтетрогидрофталиевый ангидрид

ПАВ – поверхностно активное вещество

ЭВП – электрический взрыв проводников

ПУЭ – правила установки электрооборудования

ПДК – предельно допустимая концентрация

СКЗ средства коллективной защиты

СИЗ средства индивидуальной защиты

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение | 8 |
| 1. Обзор литературы | 9 |
| 2. Методика эксперимента | 25 |
| 3. Результаты и их обсуждение | 32 |
| 3.1 Характеристики нанопорошков | 32 |
| 3.2 Деагломерация наночастиц | 33 |
| 3.3 Механические свойства эпоксидной смолы модифицированной наночастицами оксидов алюминия различной морфологией | 37 |
| 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 42 |
| 5. Социальная ответственность | 62 |
| Выводы | 83 |
| Список используемых источников | 84 |
| Приложение А Обзор литературы (на немецком языке) | 90 |

Введение

На сегодняшний день перспективным направлением применения наночастиц является модификация полимеров с целью улучшения их характеристик. Таким образом, появляется новый класс материалов – полимерные нанокомпозиты (ПНК).

Наиболее простым и экономичным способом производства таких материалов является смешивание полимера в жидком состоянии с наноразмерной фазой и последующая полимеризация полученного композита.

В последние десятилетия ПНК являются предметом интенсивных исследований. Большой интерес к изучению данных систем можно объяснить тем, что в отличие от немодифицированных полимеров, образованный нанокомпозит (гибридный композит) обладает повышенными механическими свойствами, более высокой термостабильностью, а так же возможностью придавать созданным материалам дополнительные функциональные свойства, такие как электро- и теплопроводность, флюоресцентные, оптические, каталитические, свойства супермагнетизма, и другие [1, 2]. Такие материалы уже используют в биотехнологии и медицине, энергетике, строительстве, производстве упаковочных материалов, микроэлектронике, оптике и оптоэлектронике, катализе, сенсорных устройствах и других областях. ПНК применяются и в авиаракетостроении при производстве шпангоутов, топливных баков, обтекателей и так далее. Доля ПНК составляет 1,5% в денежном эквиваленте от общего мирового рынка материалов. Так, доля углепластиков, на основе эпоксидных связующих, в конструкциях современной авиатехники, составляет 30-35%.

В связи со сказанным выше, полимеры, содержащие в своей сетке органический полимер и неорганические наноразмерные включения, могут быть отнесены к перспективным нанокомпозитным материалам.

1 Обзор литературы

Из всего многообразия способов получения нанокомпозитов можно выделить направление, когда неорганические наночастицы и полимер синтезируют отдельно, затем наночастицы вводят в раствор полимера. Перспективность этого направления связана с тем, что предложенная технология позволяет гибко манипулировать свойствами полимера и получать материалы под требования практического применения.

1.1 Состав ПНК

Как известно, композиционным называется материал, состоящий из двух или более фаз разделенных четкой межфазной границей. Введение в полимер второго, наноразмерного, компонента позволяет создать систему с усиливающими элементами, помещенными в матричную среду. При этом, роль матрицы, как правило, сводится к приданию материалу формы, связыванию разнородных элементов в единую систему, а так же, что очень важно, к перераспределению нагрузок по всему объему композита. Наполнители, первоначально, можно разделить на две группы. К первой относятся, так называемые, инертные наполнители, которые используются для снижения стоимости композита. Вторая группа (армирующие элементы) предназначена для модификации свойств материала. В данной работе будут рассматриваться наполнители, предназначенные для улучшения характеристик полимеров [1]

1.1.1 Матрица

Разнообразие полимерных материалов предоставляет широкие возможности в выборе матрицы. Как правило, этот выбор связан с условиями работы изделия из ПНК. Влияние на выбор, так же, оказывают и возможности производителя.

В настоящей работе, в качестве матрицы была выбрана эпоксидная смола, так как, обладая рядом свойств, она относится к числу наиболее предпочтительных связующих. Немаловажным является простота получения нанокompозита на основе ЭС. Такими характеристиками являются: хорошая

адгезия к большинству наполнителей, широкое разнообразие смол и их отверждающих компонентов, низкая усадка и отсутствие выделения каких-либо летучих веществ в процессе отверждения, высокая химическая стойкость и т.д.

Эпоксидные смолы представляют собой олигомеры или индивидуальные низкомолекулярные продукты, превращающиеся в процессе отверждения в эпоксидные сшитые полимеры. Такой материал может выступать как клей, так и как конструкционный материал. При этом, обладая рядом преимуществ, эпоксидные смолы применяются во многих отраслях промышленности в качестве конструкционных клеев при склеивании силовых изделий из металлов и неметаллических материалов. Применение эпоксидных клеев дает значительный технический и экономический эффект, позволяя совершенствовать процессы изготовления элементов различных конструкций, приборов, приспособлений и изделий.

1.1.1 Отвердитель

Для инициации процесса отверждения эпоксидной смолы требуется ввести в ее объем отвердитель, обычно в качестве второго компонента в двухупаковочной системе. Такой, казалось бы, неудобный способ получения эпоксидной композиции, заключающийся в ограниченной жизнеспособности смеси смолы и отвердителя, открывает перед разработчиками огромные возможности. Изменяя тип компонентов, и варьируя их относительное количество, возможно получать материалы с заданными свойствами. Многие свойства полученного клеевого соединения

на эпоксидных клеях в значительной степени зависят от используемого отвердителя. Наиболее просто их можно разбить на две большие группы – отвердители, действующие при комнатной температуре (алифатические амины и т.д.), и отвердители, действующие при повышенных температурах (ангидриды кислот и т.д.). Такое деление условно, так как отвердители, действующие при комнатной температуре, могут работать и при повышенной. При чем, это приведет к уменьшению времени отверждения, а так же к увеличению прочностных характеристик полученных клеевых соединений. Более конкретно, две группы

отвердителей отличаются тем, что ангидриды применяются, в основном, как конструкционные материалы с повышенной теплостойкостью, а так же для склеивания ответственных узлов из металлов. Клеи холодного отверждения применяют для склеивания неметаллических материалов в различных комбинациях. Кроме того, эпоксидные клеевые композиции, полученные при комнатной температуре, характеризуются жизнеспособностью, не превышающей нескольких часов. Напротив, клеевые составы, полученные при помощи ангидридов, имеют длительный срок жизни. [3,4]

В [2,5,6] было замечено, что в качестве отвердителей эпоксидных смол, исследователями применяются ПЭПА и ИМТГФА.

1.1.1 Наполнители

Все нанокompозиты можно разделить на три основных класса: дисперсно-упрочненные, армированные волокнами, упрочненные хлопьевидными наночастицами. То есть в первом случае все три параметра частицы находятся в нанометровом диапазоне, во втором случае – 2 параметра, а в третьем лишь толщина частицы размером не превышает 100 нанометров.

Важным параметром наночастиц является их удельная поверхность,

посредством которой происходит взаимодействие частиц с функциональными группами полимеров. При этом молекулы полимерной матрицы адсорбируются на частицы, а адгезионные силы обеспечивают прочное соединение.

В мире активно ведутся исследования факторов, определяющих эффективность модификации полимерных материалов наночастицами. Согласно литературным данным, наибольшее влияние оказывают такие факторы, как размер, форма и количество частиц, их распределение в матричном материале, площадь поверхности взаимодействия «полимер-наночастица», а так же улучшение взаимодействия системы посредством применения аппретирующих поверхностно-активных веществ [7,8].

Как и связующих, наполнителей существует огромное множество. Таким образом, встает вопрос выбора тех или иных компонентов для роли армирующего вещества. При этом, кроме, физико-химических свойств, необходимо обращать внимание на стоимость их производства, экологическую безопасность, доступность технологий изготовления.

Наиболее подходящими наноразмерными средами для модификации полимеров являются наночастицы керамик - соединения металлов с кислородом и азотом. Это связано с тем, что такие частицы в меньшей степени агломерированы, по сравнению с наночастицами металлов. Кроме того, поверхности керамических наночастиц являются полярными, что определяет их химическую инертность к полимерам, являющимся неполярными структурами.

Большое число исследований показывает, что модификация наночастицами эпоксидных композиций, влияет на их механические свойства. В частности, исследования поведения композитов при растяжении подтверждают такие эффекты, как увеличение модуля упругости и жесткости, а также снижение пластичности [9,10].

Наиболее популярными упрочняющими агентами для эпоксидных

полимеров являются наночастицы керамик органического происхождения (органоглин). На сегодняшний день нанокompозиты "органоглина-эпоксидная матрица" являются наиболее изученными системами среди эпоксидных нанокompозитов. Исследования прочности при растяжении эпоксидных композитов с наночастицами органоглин, показывают, что даже малые добавки (до 5 % масс.) таких частиц увеличивают модуль упругости и предел прочности композитов, при этом уменьшая их относительное удлинение [11-15].

В работе [16] авторами показано влияние наноразмерного оксида алюминия на механические свойства эпоксидной матрицы. Установлено, что введение до 60% наноразмерного оксида алюминия обеспечивает двукратное увеличение модуля упругости при растяжении. При этом предел прочности композита при растяжении снижается от 20,9 МПа до 14,8 МПа, а удлинение – от 625 до 495 %. В работе [17] при введении до 15% наноразмерного оксида алюминия в эпоксидную матрицу авторами отмечено увеличение модуля упругости при растяжении в 1,5 раза. При этом предел прочности снижается на 10 МПа, а удлинение – на 8%. Подобное изменение свойств композиционных

материалов вызвано, по мнению авторов, агломерированностью наполнителя, а также слабым взаимодействием между его поверхностью и матричным материалом. Также авторами [17] отмечено, что введение предварительно обработанного силанольными ПАВ прекурсора, не приводит к значительным снижениям величин предела прочности и удлинения, при этом величина модуля упругости остается неизменной. Аналогичный эффект отмечен авторами [18] при сравнении прочностных характеристик эпоксидных нанокompозитов, содержащих 1% масс. и 3% масс. обработанного и необработанного ПАВ нанопорошка оксида алюминия. Установлено, что при введении 3% масс. нанопорошка величина модуля упругости материала при растяжении увеличивается на

85% и при этом не зависит от того, обработан ли прекурсор. При этом предел прочности композиционного материала с нанопорошком, обработанными ПАВ, увеличивается на 60%, а предел прочности материала с нанопорошком без обработки снижается на 20% по сравнению с исходным материалом. Таким образом, основными факторами, определяющими изменение прочности и жесткости ПНК, является количество наноразмерного наполнителя, его дисперсность и совместимость с полимерной матрицей. Указанные факторы обеспечивают упрочнение композиционных материалов, которое достигается за счет передачи приложенного напряжения от матричного материала к наночастицам наполнителя [19,20].

Для более эффективного улучшения свойств полимерных нанокомпозитов необходимо обеспечить совместимость наночастиц и матричного полимера [21, 22]. Основным методом обеспечения совместимости является обработка поверхности наночастиц различными ПАВ [23]

1.2 Этапы изготовления ПНК

Как следует из данных, приведенных в литературе, получение нанокомпозитов в результате смешения предварительно полученных компонентов, на первый взгляд, наиболее очевидный и простой метод. Однако, если полимеры представляют собой стабильные соединения с определенными характеристиками, и их синтезируют с использованием известных методик и оборудования, то синтез наночастиц со стабильными свойствами представляет собой сложную задачу. Из-за высокой поверхностной энергии наночастицы склонны к агломерации и агрегации. При обычном смешении с растворами полимеров большая доля наночастиц находятся в агрегатах и агломератах микронного и субмикронного диапазона.

Обработка наночастиц ультразвуком или ПАВ, способными

адсорбироваться на межфазных границах и препятствовать агрегации, может существенно повысить степень дисперсности частиц в матрице. После такой модификации наночастицы необходимо совместить с полимерной матрицей определенным способом так, чтобы не потерять те преимущества, которые сулят наноразмеры частиц. Однако, достичь равномерного распределения наночастиц в матрице не всегда возможно из-за их ограниченной совместимости, что приводит к анизотропии свойств нанокompозитного материала. Несовместимость этих неорганических и органических компонентов

основная проблема, которую приходится решать при создании ПНК. Поэтому важной задачей является поиск и разработка оптимальных методик введения наноразмерных модификаторов в полимерную матрицу.

Характеристики наноразмерных материалов зависят от методов их синтеза и определяются как свойствами самих наночастиц, так и особенностями их взаимодействия. Поэтому другая проблема состоит в том, чтобы правильно синтезировать наноразмерный наполнитель.

В процессе получения наночастиц физическими методами, они образуют агрегаты и агломераты микрометрового диапазона, что способствует их неравномерному распределению в полимерной матрице, а так же уменьшению поверхности, доступной для взаимодействия. При этом в матричном материале образуются неравновесные изменения структуры, что способствует незначительному улучшению либо ухудшению свойств ПКМ. Как отмечают авторы статьи [5], крупные агломераты наночастиц могут свести эффект упрочнения на ноль. Исследователи связывают это с тем, что скопления наночастиц становятся концентраторами напряжений в материале. Исходя из вышесказанного, появилась необходимость деагломерировать нанопорошки перед их введением в полимерную матрицу.

1.2.1 Деагломерация наполнителя

Процесс деагломерации наночастиц условно можно разделить на три этапа [24, 25]:

1. Введение нанопорошков в дисперсионную среду. На данном этапе подготавливается суспензия агломератов нанопорошков в дисперсионной среде и обеспечивается смачивание их поверхности.

2. Деагломерация нанопорошков в суспензии различными методами. В ходе данного этапа на суспензию оказывается воздействие, обеспечивающее большие сдвиговые напряжения, либо кавитационное воздействие. Происходит разрушение агломератов наночастиц с образованием новых поверхностей доступных для взаимодействия, и их смачивание дисперсионной средой.

3. Необходимой процедурой после деагломерации нанопорошков является стабилизация их дисперсного состава. Стабилизация подразумевает предотвращение повторной агломерации получаемых частиц в суспензии. Стабилизация обеспечивается состоянием поверхности деагломерированных наночастиц и достигается либо подбором оптимальной дисперсионной среды, либо введением стабилизирующих ПАВ.

Рассмотрим подробнее наиболее распространенные способы деагломерации нанопорошков.

Одним из способов диспергирования порошков, является метод механического измельчения в различных мельницах. В этом случае разрушение агрегатов происходит при их попадании между мелющими телами и стенками, а так же при соударении частиц друг с другом. В ходе такого вида обработки, кроме деагломерации происходит дополнительная активация порошка за счет появления новых свободных поверхностей. Одновременно происходит и образование структурных дефектов в объеме наночастиц, а так же активных состояний на их поверхности. Данный

метод позволяет проводить деагломерацию широкого спектра порошков, как в сухом виде, так и в дисперсной среде (с применением ПАВ). Однако существует и ряд недостатков. Главным из них является невысокая эффективность обработки и продолжительность процесса (продолжительность деагломерации может составлять десятки часов) [26]. Другими недостатками подобной обработки является то, что она способна изменять архитектуру исходных наночастиц, а так же существование возможности загрязнения порошка конструкционным материалом мельницы [27].

Высокоэффективным, является метод деагломерации нанопорошков с использованием гомогенизаторов высокого давления, который позволяет получить агломераты размером менее 100 нм. Суть метода заключается в продавливании суспензии нанопорошка сквозь узкую форсунку (от 80 мкм) под давлением достигающем 300 МПа. За счет резкого возрастания скорости и турбулентности потока частицы испытывают большие напряжения среза. Большое влияние оказывает и эффект кавитации, который образуется за счет мгновенного падения давления ниже давления пара жидкости. К недостаткам метода можно отнести высокую стоимость и сложность оборудования, абразивный износ форсунки и других элементов конструкции. Так же отмечен процесс разогревания суспензии и возможность изменения архитектуры и фазового состава первичных наночастиц [28].

Другой распространенный метод деагломерации порошков в суспензии заключается в использовании механических или магнитных мешалок [29]. Такой способ деагломерации весьма прост в аппаратном оформлении. Однако он обладает низкой эффективностью, а так же не предотвращает процесса повторной агрегации частиц. Кроме того, применение магнитной мешалки не применимо для обработки намагничивающихся порошков.

Достаточно часто используется метод деагломерации нанопорошков в суспензиях с применением высокоскоростных гомогенизаторов [30]. Суть метода заключается в пропускании суспензии нанопорошков через систему «подвижный ротор – неподвижный статор». Вращаясь со скоростью до 20 000 оборотов в минуту, статор придает потокам суспензии ускорение, в результате чего суспензия проходит через каналы ротора. Соударяясь между собой, а так же со стенками каналов, происходит разрушение агломератов наночастиц. Дополнительное влияние на процесс деагломерации оказывает кавитация, возникающая вследствие перепада скорости движения потоков суспензии. Используя представленный метод, возможно, получать гомогенизированные суспензии, содержащие наночастицы и их агломераты размером до 100 нм. Другим достоинством является возможность обработки достаточно большого объема суспензий. К недостаткам метода относится высокая полидисперсность получаемой суспензии, а так же ее перегрев. Так же велика вероятность абразивного износа элементов статора и ротора, что создает возможность загрязнения первичного нанопорошка.

Относительно новым способом деагломерации нанопорошков является метод скоростного расширения суспензий под высоким давлением [31,32]. Для деагломерации через суспензию под давлением до 8 МПа прокачивают струю углекислого газа CO_2 . Подхваченные струей газа, агломераты направляются в расширительный клапан с диаметром канала 254 мкм, где они соударяются друг с другом, а так же со стенками канала. После этого струя газа попадает в изокINETическую расширительную трубку, где, в результате мгновенного перепада давления, образуется взвесь нанопорошка и его агломератов в газовой среде. Далее, происходит улавливание деагломерированного нанопорошка. Метод хорош высокой воспроизводимостью результатов, а так же возможностью регулировать дисперсность конечного продукта посредством управления параметрами

газового потока. Однако данный метод отличается сложностью аппаратного оформления, а так же низкой производительностью.

В настоящее время наиболее распространенным методом деагломерации является ультразвуковая обработка суспензий нанопорошков в различных средах. Метод отличается простотой аппаратного оформления, это, а так же возможностью перехода от лабораторных исследований к промышленному производству с высокой воспроизводимостью результатов, и послужило причиной его широкого распространения [33].

Процесс деагломерации порошков обусловлен кавитационным воздействием. Эффект основан на явлении акустической кавитации. Суть метода заключается в образовании и последующем захлопывании пузырьков в жидкой среде, в результате которых образуются ударные волны, обеспечивающие возникновение потоков дисперсной среды, движущихся со скоростью до 1000 км/ч [34]. Таким образом, на частицы воздействуют многократные импульсные нагрузки, разрушающие межчастичные связи. Дополнительной причиной измельчения так же может служить процесс соударения частиц между собой [35]. Эффективность кавитации сильно зависит от вязкости среды. В средах с низкой вязкостью минимальны препятствия для разрушения агломератов, а так же для равномерного распределения частиц в объеме. В более вязких средах, при прочих равных условиях, эффект кавитации проявляется гораздо хуже, а значит необходимо прикладывать большие значения интенсивности акустического воздействия. Увеличение вязкости обрабатываемой среды так же уменьшает КПД используемого ультразвукового аппарата [2,36]. В основном, ультразвуковую обработку производят с использованием ультразвуковых ванн или диспергаторов погружного типа.

При обработке суспензии в ультразвуковых ваннах наблюдается

низкая эффективность деагломерации. Это обусловлено, прежде всего, тем, что ультразвуковое воздействие осуществляется через передающую водную среду, а так же стенки емкости с суспензией. Вследствие этого наблюдается резкое затухание ультразвуковых колебаний, что снижает эффективность кавитационного процесса, что, в свою очередь, снижает эффективность процесса деагломерации. Другим недостатком является то, что во всем объеме ванны не достигается кавитационный процесс равной интенсивности. Учитывая все это, деагломерированные в ультразвуковой ванне порошки, характеризуются высокой степенью полидисперсности. Более высоких результатов можно добиться, применяя метод деагломерации с использованием ультразвуковых диспергаторов погружного типа [37]. Метод характеризуется более высокой плотностью энергии, приложенной к обрабатываемой суспензии. Это выражается в более интенсивном кавитационном воздействии, что повышает эффективность процесса деагломерации. Метод позволяет получить суспензии, содержащие как наночастицы, так и их агломераты в размерном диапазоне до 300 нм. Также достоинством метода является его высокая производительность.

Эффективность применения ультразвука отмечают авторы статьи [38]. По их мнению, «применение ультразвуковых колебаний позволяет более эффективно разбивать агрегаты частиц и равномерно распределять частицы в объеме, что благотворно сказывается на характеристиках материала».

1.2.2 Варианты введения наполнителя

Следующим этапом изготовления ПНК, является введение наполнителя в матричную среду. При этом встает вопрос о влиянии порядка смешивания смеси. Так как нанопорошок обладает большой активной поверхностью, он может адсорбировать на себя как эпоксидные цепи, так и отвердитель. Таким образом, меняя порядок смешивания

компонентов, можно влиять на стехиометрию в локальных областях.

С учетом имеющихся данных о возможностях получения полимерных нанокомпозитов, предложена следующая методика введения прекурсоров в полимерную матрицу на основе эпоксидной смолы:

1. Подготовка прекурсора. Приготовление суспензий нанопорошков в среде этилового спирта и последующая деагломерация ультразвуковой обработкой с использованием диспергатора погружного типа.

2. Введение обработанной суспензии в среду эпоксидной смолы при комбинированном воздействии температуры, высокоинтенсивного смешения и ультразвуковой обработки. Операция проводится до полного удаления дисперсионной среды из смеси.

3. Смешение полученного материала с остальными компонентами матрицы при комбинированном воздействии температуры, высокоинтенсивного смешения и ультразвуковой обработки.

4. Получение и испытание образцов композиционных материалов.

В работе [2] рассматриваются следующие варианты: в готовую эпоксидную композицию замешивали порошок, и затем проводили деагломерацию ультразвуком; порошок диспергировался в менее вязком отвердителе, затем смесь вливалась в эпоксидную смолу; порошок смешивали с эпоксидной смолой, затем добавляли отвердитель. Как отмечают авторы, наиболее выгодным вариантом является введение наночастиц в менее вязкую среду, так как в ней процесс деагломерации проходит более активно (препятствия для разбиения агломератов, а так же для равномерного распределения частиц минимальны). Авторы работы [39], для приготовления ПНК использовали такую же схему введения модификатора в эпоксидную композицию.

На сегодняшний день наиболее распространенными являются способы введения предварительно синтезированных нанопорошков в матричный полимер или его компоненты с дальнейшим формированием

композиционного материала при отверждении («ex situ»). Широкая применимость подобных способов связана с простотой их аппаратного оформления и процессов получения полимерных нанокомпозитов. Одним из таких способов является добавка нанопорошков в среду полимера с последующей гомогенизацией получаемой смеси перемешиванием компонентов [40]. При использовании стабилизированных наночастиц, полученных золь-гель методом, данный способ позволил получить композиты с их равномерным распределением в матричном материале [41]. Однако, в случае использования агломерированных наночастиц, данный способ не позволяет эффективно разрушать агломераты и распределять получаемые частицы в объеме матрицы [42,43].

Неравномерность распределения в матрице и агломерированность наночастиц приводит к локальным неравновесным изменениям структуры композиционного материала, уменьшает поверхность взаимодействия наночастиц и полимера [44]. В результате агломераты наночастиц могут выступать в качестве структурных дефектов материала, что приводит к неоднородности его свойств. Поэтому, одной из ключевых задач получения полимерных нанокомпозитов с заданными свойствами является разработка методик модифицирования полимеров, позволяющих достичь максимально возможного эффекта.

Одним из возможных путей решения данной задачи является деагломерация нанопорошков в матричном полимере или его компонентах при помощи ультразвукового воздействия. Поскольку кавитационное воздействие ультразвука является более интенсивным по сравнению со сдвиговым воздействием смешения, этот способ представляется более эффективным. Способ заключается в предварительном смешении компонентов матричного полимера с наноразмерными прекурсорами и последующем диспергировании частиц прекурсора при приложении к полученной смеси ультразвукового воздействия. В работах [45,46]

показано влияние указанного способа на дисперсность наночастиц в получаемых композитах. Следует отметить, что наночастицы сильно агломерированы. Для повышения эффективности способа дополнительно применяется высокоскоростное центрифугирование расплава композиционного материала.

В работе [47] нанокомпозиты были получены указанным способом с дополнительным центрифугированием расплава для осаждения наиболее крупных агломератов. Согласно полученным авторами данным, операция центрифугирования расплава снижает максимальный диаметр агломератов до размера 300-600 нм.

Согласно литературным данным, увеличение вязкости среды снижает интенсивность кавитационного процесса [48]. Можно предположить, что именно указанный фактор снижает эффективность процесса деагломерации нанопорошков.

Выводы и постановка задачи исследований

Исходя из литературного обзора, можно сделать вывод, что главным параметром, влияющим на характеристики получаемого композита, является степень агломерированности наноразмерных включений. Если включения будут представлять собой агломераты микронного размера, то эффект модификации, связанный с размером наполнителя не будет реализован. Таким образом, первоочередной задачей при создании ПНК является деагломерация и стабилизация модификаторов в наноразмерном диапазоне. Наиболее эффективным и простым в использовании способом деагломерации, является обработка наночастиц ультразвуком в наименее вязкой среде с одновременным добавлением ПАВ, способными адсорбироваться на межфазные границы и препятствовать процессу реагломерации наночастиц.

Следующим этапом создания ПНК является соединение

наполнителя и матрицы. При этом определяющим становится факт совместимости компонентов, так как в случае ее ограниченности будет наблюдаться неравномерное распределение наночастиц в полимере, что, в свою очередь, может привести к анизотропии свойств ПНК.

Что касается, непосредственно, материала наполнителя, то наиболее подходящими являются наночастицы керамик. Такой выбор, прежде всего, связан с химической инертностью наночастиц к полимерной матрице, а также в малой степени их агломерированности.

Как известно, наночастицы, в зависимости от размеров в каждом измерении, могут быть нульмерными, одномерными, двумерными и трехмерными. Все они по-разному встраиваются между полимерными цепями и, как следствие изменяют структуру. Поэтому особый интерес вызывает роль морфологии наночастиц на степень модифицирования эпоксидной матрицы.

Таким образом, целью является исследование влияния морфологии наноразмерных структур оксидов алюминия на адгезионные свойства эпоксидных композитов.

При этом необходимо решить следующие задачи:

- получение наноразмерных структур различной формы (нановолокна, нанопластины, агломераты наночастиц оксида алюминия) и исследование их характеристик
- деагломерация наноразмерных структур и введение наноразмерных структур в эпоксидную компоненту
- выявление адгезионной прочности модифицированной эпоксидной смолы в зависимости от их формы

2 Методика эксперимента

2.1 Получение наночастиц

Для выполнения задачи исследования были синтезированы сферические наночастицы, нанопластинки, нановолокна оксида алюминия.

Способом получения стабильных малоагломерированных сферических наночастиц является метод электрического взрыва проводников (ЭВП) реализующийся при прохождении импульса тока плотностью $10^6 - 10^7$ А/см² через металлическую проволоку [49]. В настоящей работе таким способом синтезировались наночастицы Al_2O_3 .

Синтез наночастиц проводился на установке, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.

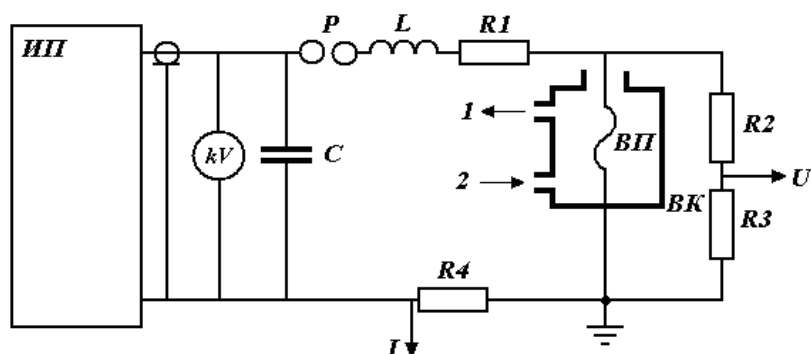


Рисунок 1 - Принципиальная схема установки для получения нанопорошков:

ИП – источник высокого напряжения, *kV* – киловольтметр, *C* – батарея конденсаторов, *P* – разрядник, *L* – собственная индуктивность контура, *R1* – собственное омическое сопротивление контура, *R2* и *R3* – делитель напряжения, *R4* – токовый шунт, *БК* – реактор, *ВП* – взрывающийся проводник, *1* – выход из реактора, *2* – подача газа

Источник высокого напряжения *ИП* заряжает емкость *C* до требуемого напряжения, величина которого контролируется киловольтметром *kV*. Батарея конденсаторов с помощью разрядника *P* разряжается на

взрывающийся проводник ВП, расположенный в реакторе ВК. Предварительно реактор вакуумируется и заполняется рабочим газом. Проводник взрывается, импульсы тока и напряжения регистрируются при помощи омического токового шунта и делителя напряжения. Продукты взрыва (нанопорошок) удаляются в фильтр через окна 1 и 2 потоком рабочего газа. Требуемая газовая атмосфера в реакторе создавалась напуском газов из баллонов, давление контролировалось с помощью манометра.

Сферические наночастицы синтезировались при взрыве проволоки соответствующего металла в смеси кислорода с аргоном (Al_2O_3). Концентрация активного газа в инертной атмосфере устанавливалась при подаче известного объема газа в установку. Расход газа контролировался по падению давления в объеме установки.

При проведении исследований, параметрами регулирования дисперсного и фазового состава наночастиц выступали энергосодержание ЭВП, давление газа или смесей газов, содержание активного газа в атмосфере инертного газа.

Для получения нановолокон оксида алюминия на первом этапе производили протравления одной стороны пластины, которая открыта влажному воздуху. После поместили пластину на минуту в водный раствор азотной кислоты, ртути и нитрата серебра. Таким образом наносится жидкая ртутно-серебряная пленка покрывающая поверхность алюминия. После промывки и сушки, алюминиевая пластина помещается в климатическую камеру, для контроля температуры и влажности в течении процесса. Необработанная сторона алюминиевой пластины фиксируется на водоохлаждаемом держателе. Стабильный рост требует постоянной температуры алюминиевого образца. Скорость роста зависит от пропорции серебра/ртути, температуры, влажности и кристаллической ориентации алюминиевой подложки.

Продуктом является гидрат алюминия с содержанием воды 40-43% масс. Рентгеновская дифракция показывает аморфную структуру. Микроструктура состоит из спутанных волокон гидрата алюминия с диаметрами около 5 нм.

Для получения нанопластин необходимо навеску нанопорошка AlN/Al массой 1,0 г помещали в автоклав с тефлоновым вкладышем, добавляли 100 мл деионизованной воды, герметично закрывали и выдерживали при 200 °С в течении 6 часов. Затем продукты фильтровали, промывали деионизованной водой и сушили при 120 °С в течении 2 часов. В результате были получены нанопластинчатые структуры оксигидроксида алюминия.

Для получения агломератов нанолистов, навеску нанопорошка массой 1,0 г суспендировали в 100 мл деионизированной воды. Затем суспензию помещали в термоизолированный реактор (реакционный сосуд) и нагревали от 24 до 60 °С при постоянном перемешивании. Продукты реакции отделяли центрифугированием, промывали несколько раз деионизованной водой и сушили при 120 °С в течение 2 часов. В результате получали цветкоподобные структуры оксида алюминия.

2.2 Изучение характеристик наночастиц

Исследования структуры, формы и особенностей кристаллического строения частиц проводились просвечивающей электронной микроскопией (ТЕМ) и электронной микроскопией высокого разрешения (HREM). После получения, образцы для исследований извлекались из фильтра. Нанопорошки вводились в спирт при концентрациях 0,3...0,5 % масс. пробирка с суспензией нанопорошков в спирте обрабатывалась ультразвуком в течение 10 мин при мощности 100 Вт в ультразвуковой ванне УЗВ-4/150-ТН. После чего пипеткой производился отбор пробы из центральной части пробирки. Проба наносилась на стандартную

полимерную подложку для проведения электронной микроскопии. По данным ТЕМ строились гистограммы распределения частиц по размерам. Способ построения распределения по размерам заключается в следующем. Задается шкала, которая разбивается на равные интервалы d_i . На микрофотографиях порошков, полученных с помощью электронного микроскопа, измеряются диаметры частиц. Каждому интервалу соответствует определенное число частиц n_i с диаметром $d_i \leq a \leq d_{i+1}$. Для построения распределения частиц по размерам, микрофотография сканировалась и полученная информация заносилась в компьютер. Далее использовалась специально разработанная программа ОУДП, позволяющая производить измерения размера частиц и построение гистограмм в полуавтоматическом режиме. По данным измерений строилась зависимость (гистограмма) числа частиц $N = f(a)$. Из гистограмм рассчитывался средний арифметический размер частиц (среднечисленный): $a_n = \sum n_i a_i / \sum n_i$, где n_i – количество частиц, попавших в данный интервал, a_i – средний диаметр частиц в данном интервале. По аналогии со среднечисленным размером также определялся размер средний по поверхности (среднеповерхностный): $a_s = \sum n_i (a_i)^2 / \sum n_i a_i$ и средний массовый размер: $a_m = \sum n_i (a_i)^3 / \sum n_i (a_i)^2$. Среднеповерхностный размер, полученный из гистограмм, сопоставлялся с данными, полученными из измерения удельной поверхности порошков.

Измерения удельной поверхности $S_{уд}$ проводились методом БЕТ по адсорбции аргона на приборе «Sorbi». Из площади удельной поверхности $S_{уд} = 6/\rho a$ (ρ – удельная плотность металла) рассчитывался средний по поверхности диаметр частиц - a .

Исследования дисперсности порошков проводились методом динамического светорассеяния [51] на дисковой центрифуге CPS DC-24000. Отобранные образцы впрыскивались из шприца в рабочий диск центрифуги. Экспериментальные данные обрабатывались с помощью оригинального программного обеспечения Disc Centrifuge Control System

(DCCS). По полученным данным строились гистограммы количества агломератов определенного размерного диапазона от времени ультразвуковой обработки суспензии.

2.3 Деагломерация наночастиц (УЗГ)

Для деагломерации нанопорошков оксида алюминия различной формы использовали ультразвуковое воздействие. Нанопорошки вводились в среду этилового спирта при концентрациях 0,1...2 % масс. В емкость с суспензиями нанопорошков вводили излучатель погружного ультразвукового диспергатора УЗГ 13-0,1/22. Параметры приложенного ультразвукового излучения: частота - 22 кГц; интенсивность – 60 Вт/см².

Одновременно с частицами, в емкости добавляли поверхностно-активное вещество орто-оксихинолин в количестве 0,5% от массы порошка.

После этого из центральной части емкости шприцом производился отбор образцов для исследования их дисперсности.

2.4 Введение наночастиц в ЭС

Суспензии деагломерированных нанопорошков смешивались с соответствующим количеством эпоксидной смолы ЭД-20. Смешение проводилось на лабораторном миксере Biosan с турбинной мешалкой открытого типа при переменном направлении вращения с частотой 120 об/мин. При смешении емкость со смесью находилась в термостатированной ультразвуковой ванне УЗВ-4/150-ТН при температуре 60 °С с приложением к смеси ультразвукового излучения частотой 24 кГц и мощностью 100 Вт в течение 6 часов.

В полученные смеси вводились отвердитель ИМТГФА, активный разбавитель Э-181 и ускоритель отверждения УП-606/2. Соотношение компонентов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение компонентов полимерной матрицы композита

| Наименование компонента | Содержание, масс. частей |
|---------------------------------|--------------------------|
| Эпоксидная смола ЭД-20 | 90 |
| Отвердитель изо-МТГФА | 110 |
| Активный разбавитель Э-181 | 30 |
| Ускоритель отверждения УП-606/2 | 0,9 |

Далее состав помещался в ультразвуковую ванну УЗВ-4/150-ТН. Перемешивание компонентов производилось с частотой вращения мешалки 120 об/мин при температуре 60 °С с обработкой смеси ультразвуком в течение 1 часа.

Полученные расплавы выдерживались в вакуумном термошкафу при давлении 0,1 атм. и температуре 60 °С в течение 5 часов с целью их дегазации. Для отверждения образцы наносились на деталь (рис.2), после склеивания помещались в термошкаф и выдерживались при температуре 80 °С в течение 12 часов.

Образцы для определения прочности при разрыве представляют собой склеенные стальные детали (рис.2) с площадью склеивания $A=2.26 \text{ см}^2$

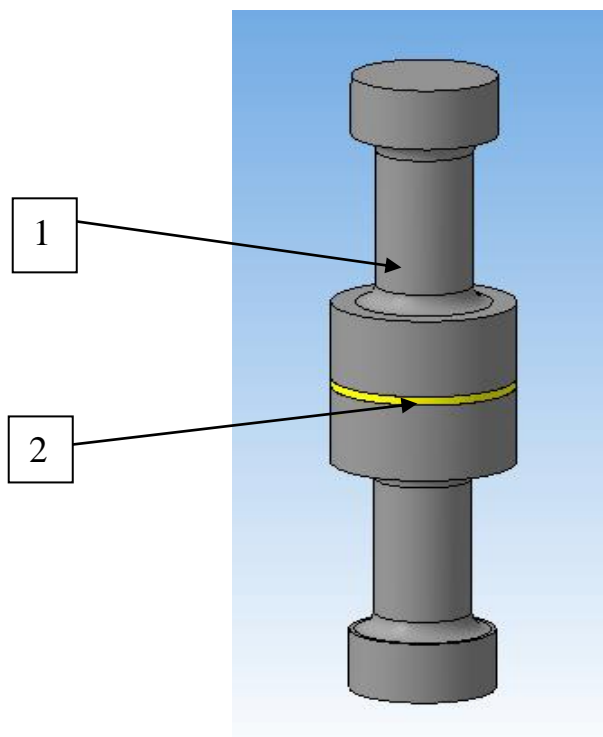


Рисунок 2 – Общий вид образцов для определения прочности при разрыве:

1 Деталь для склеивание; 2эпоксидный клей

2.5 Исследование характеристик образцов нанокompозитов на основе эпоксидной смолы

Для исследования прочностных характеристик полученных образцов проводились испытания по методу одноосного растяжения согласно ГОСТ 14760-69. Испытания проводились на универсальной испытательной машине Instron-5582. Скорость перемещения зажимов машины при испытаниях составляла 1 мм/мин.

3 Результаты и их обсуждение

3.1 Характеристики нанопорошков

Для проведения экспериментов использовались сферический оксид алюминия Al_2O_3 размером в диапазоне 0.02-0.35 мкм (рис.3а), нановолокна AlOON имеют размер 0.02-0.35 мкм (рис.3б), непористые пластинчатые структуры $\text{Al}(\text{OH})_3$ размеров в диапазоне 0.05-0.1 мкм (рис.1в) и агломераты складчатых нанолистов AlOON размеров в диапазоне 0.05-0.1 мкм (рис.1г).

На рис.1 изображены характерные фотографии порошков, полученные методом просвечивающей электронной микроскопии и сканирующей электронной микроскопии.

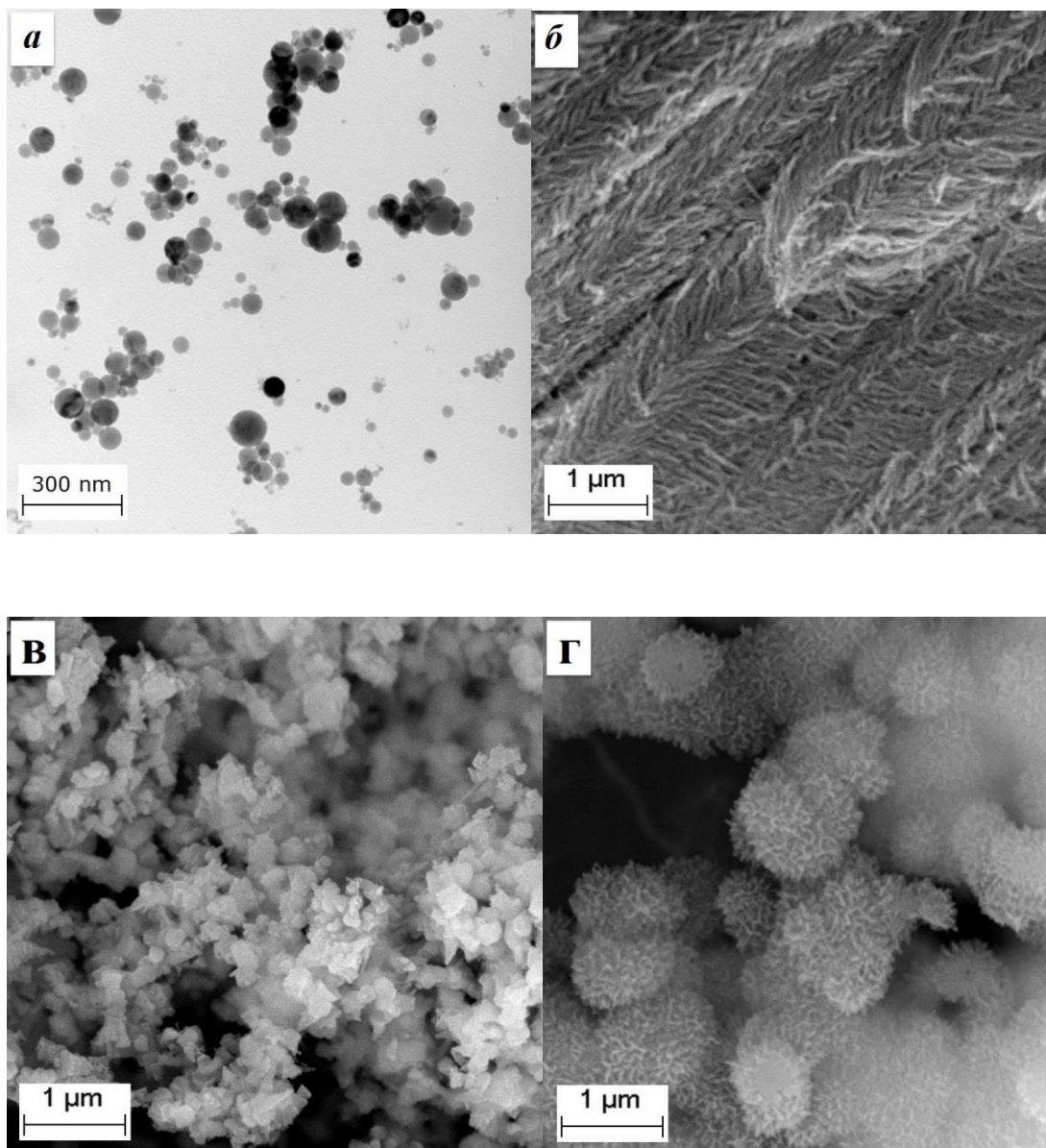


Рисунок 3. ПЭМ и СЭМ изображение агломерированных нанопорошков оксида алюминия: а) сферические наночастицы; б) нановолокна; в) нанопластины; г) агломераты нанолистов.

3.2 Деагломерация наночастиц

В процессе образования дисперсной фазы формируется ансамбль из первичных наночастиц, имеющих значительный разброс по размерам. В результате воздействия кулоновских и ван-дер-ваальсовых сил происходит объединение наночастиц и образование агрегатов и агломератов, достигающих микронных размеров, что затрудняет их использование на практике.

При синтезе наночастиц на процессы формирования агрегатов влияет большое число разнообразных факторов, которыми достаточно сложно управлять [52]. В связи с чем, диспергирование агрегированных систем, как правило, проводят после их получения, в суспензиях, при воздействии различных внешних полей, в частности ультразвукового излучения [53,54], в том числе в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Одним из факторов, определяющих эффективность разрушения агрегатов и агломератов высокодисперсных порошков, является продолжительность ультразвукового воздействия. С увеличением времени происходит перераспределение агломератов в различных размерных диапазонах.

Деагломерацию суспензий нанопорошков в этиловом спирте проводили на погружном ультразвуковом диспергаторе в течении 15 мин. при концентрациях порошка 0,1-2 % масс.

На рисунках 4...7 представлены гистограммы распределения агломератов нанопорошков оксида алюминия различной формы полученных при фиксированной частоте обработки суспензии $f = 22$ кГц.

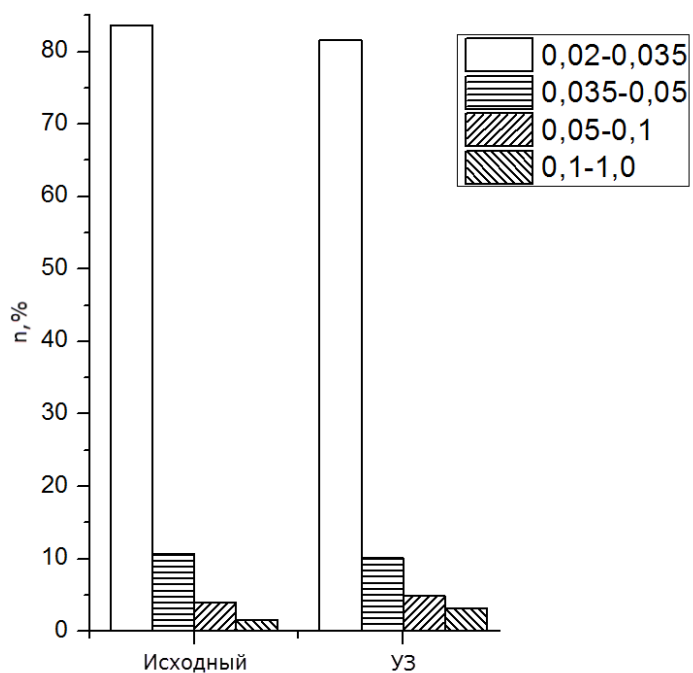


Рисунок 4-Гистограмма распределения агломератов наночастиц оксида алюминия-сферической формы; УЗ – ультразвуковая обработка; размеры в мкм.

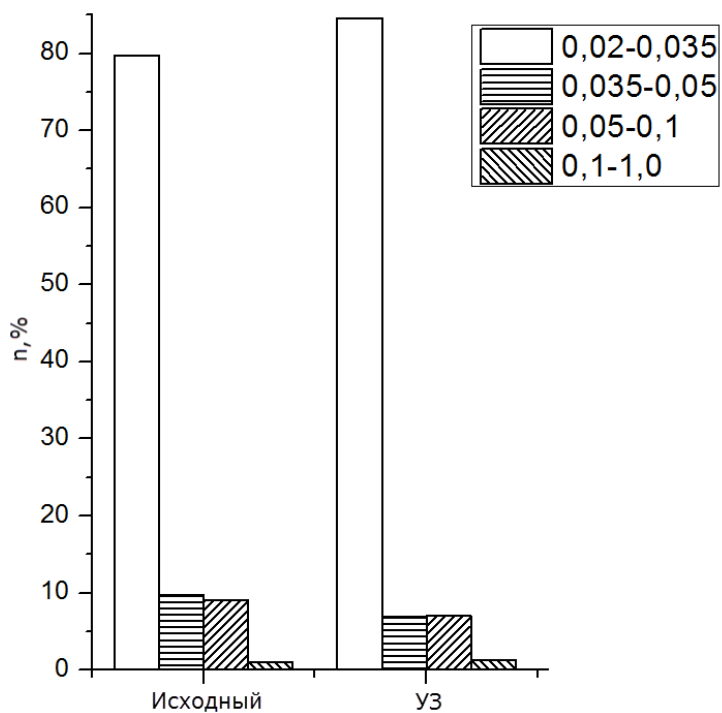


Рисунок 5- Гистограмма распределения агломератов нановолокон оксида алюминия: УЗ – ультразвуковая обработка; размеры в мкм.

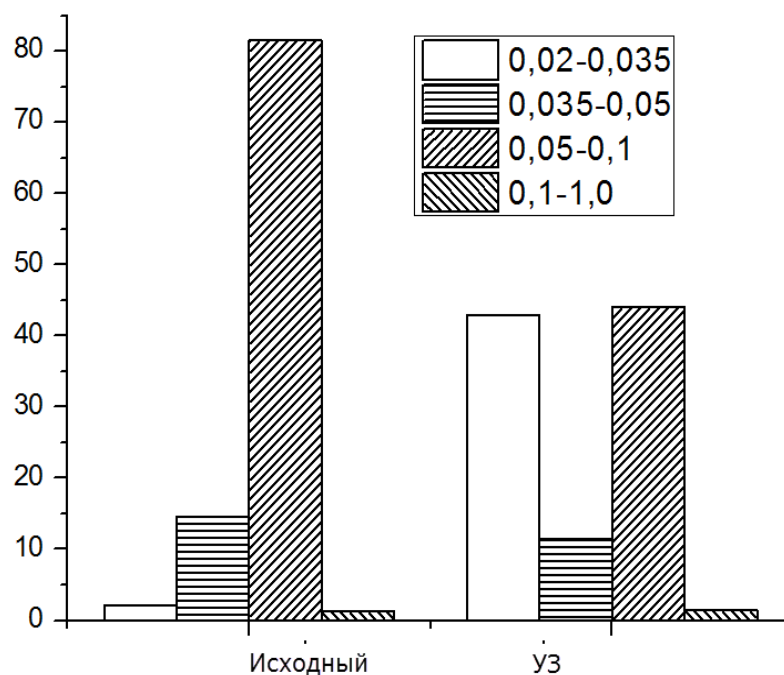


Рисунок 6-Гистограмма распределения агломератов нанопластин оксида алюминия ;УЗ – ультразвуковая обработка; размеры в мкм.

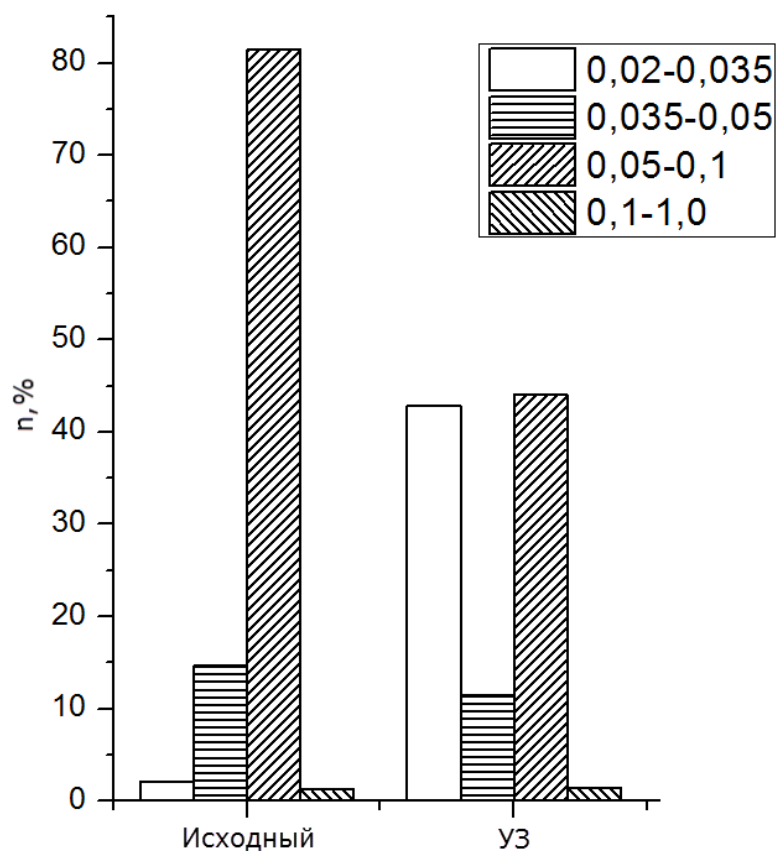


Рисунок 7-Гистограмма распределения агломератов наноллистов оксида алюминия; УЗ – ультразвуковая обработка; размеры в мкм.

Как видно (рис.4), размер агрегатов в исходном нанопорошке оксида алюминия сферической формы достигает 0.02-0.035 мкм. При ультразвуковой обработке суспензии сферических частиц Al_2O_3 изменения не значительны.

В нановолокнах оксида алюминия размер агломератов, первоначально, достигает 0.02-0.035 мкм (рис.5). При обработке наблюдается снижение количество агломератов размером 0,035-0,1 мкм и увеличение размером 0,02-0,035 мкм с 80 до 90%.

В нанопластинах оксида алюминия (рис.6) размер агломератов с диапазоном 0.02-0.035 мкм составлял 4%, после ультразвуковой обработки их количество увеличилось до 42%. Так же при обработке уменьшилось количество размеров частиц с диапазоном 0.05-0.1 мкм с 81% до 44%.

При обработке агломератов наноллистов оксида алюминия (рис.7) диапазон размера агломератов 0,02-0,035 мкм увеличился с 3% до 42%, а диапазон размера 0.05-0.1 мкм уменьшился с 81% до 43%.

Для указанных нанопорошков при одинаковом воздействии ультразвука среднечисленные размеры агломератов отличаются. Вероятно, это связано с разными размерами и формой первичных наночастиц.

Исходя из данных представленных в литературе, для получения высоких прочностных свойств полимерных нанокомпозитов, необходимо обеспечить адгезию наночастиц с материалом полимерной матрицы.

Поверхность наночастиц оксида алюминия представляет собой оксиды металлов, т.е. является сильно полярной. Такие поверхности плохо смачиваются полимерами, которые являются неполярными структурами. Необходимо на поверхности наночастицы металла создать промежуточный слой, который, с одной стороны, был бы прочно связан с поверхностью наночастицы, с другой – смачивался полимером.

В качестве одного из аппретов применен орто-оксихинолин. В молекуле оксихинолина присутствует полярная часть, состоящая из

гидроксильной группы и атома азота. Полярная часть молекулы оксихинолина способна образовывать сильные ковалентные связи с катионами многих металлов. Неполярная часть молекулы – конденсированные кольца – способна к взаимодействию с органическими веществами по различным механизмам – Ван-дер-ваальсово, индукционное, электростатическое взаимодействие. Таким образом, обработка наночастиц оксидов оксихинолином создает прочно закрепленный на ее поверхности органический слой, хорошо смачивающийся многими полимерами.

Перспективна обработка наночастиц металла или оксида 2,6-диаминогексановой кислотой (лизин), которая относится к алафатическим аминокислотам. Аминокислоты способны к образованию комплекса с катионами металлов через координацию катионов с α -амино- и карбоксильной группой аминокислоты. Концевая ω -аминогруппа способна к взаимодействию с эпоксидными группами полимерной матрицы. Тем самым создается прочное, химическое соединение наночастицы оксида и полимерной матрицы.

3.3 Механические свойства эпоксидной смолы модифицированной наночастицами различной формой оксида алюминия.

Исследование прочности полимерных композиций показало, что с увеличением массового содержания наночастиц, растет прочность и пластичность композиции. Так, введение сферических наночастиц Al_2O_3 в количестве 3,0 масс. % увеличивает предел прочности при разрыве композиции до 44,22 МПа (по сравнению с эпоксидным полимером 52%) (рис.8).

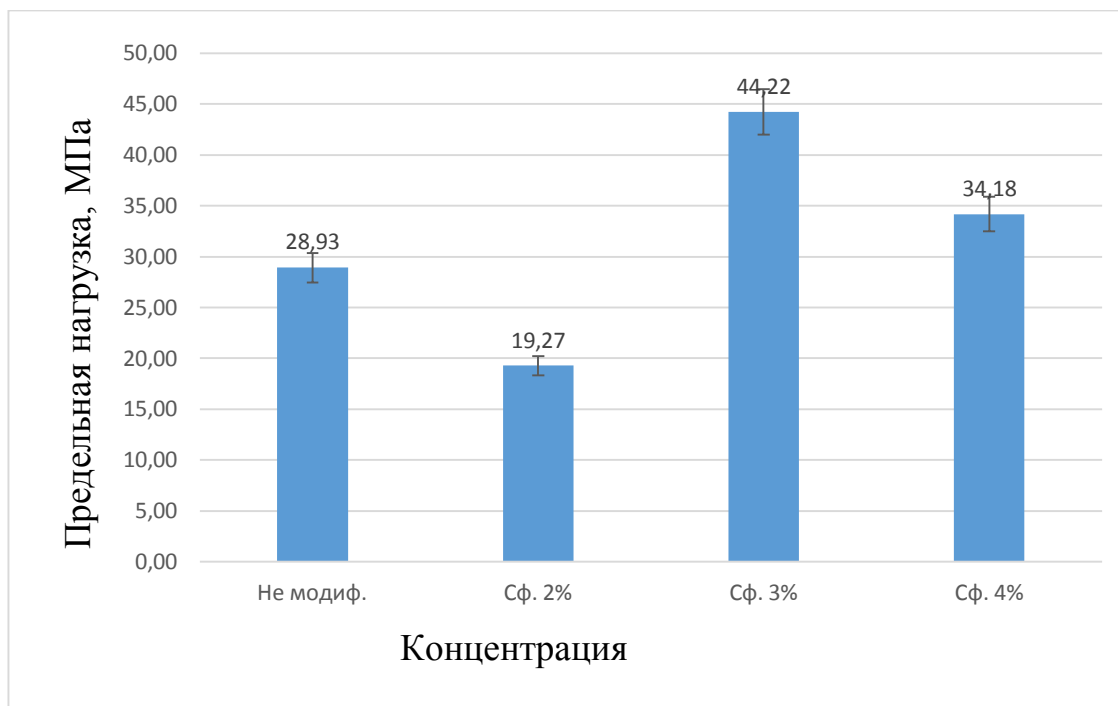


Рисунок 8 – Гистограмма при разрыве клеевого соединения - предел прочности эпоксидной смолы модифицированной сферическими (Сф.) наночастицами Al_2O_3 : 1 – эпоксидная смола без наночастиц; 2 – эпоксидная смола, содержащая 2 масс. % наночастиц; 3 – эпоксидная смола, содержащая 3 масс. % наночастиц; 4 – эпоксидная смола, содержащая 4 масс. % наночастиц.

Предел прочности эпоксидной смолы модифицированной нановолокнами оксида алюминия в количестве 0,3 масс. % увеличивает предел прочности при разрыве композиции в среднем до 44,35 МПа (по сравнению с эпоксидным полимером 52%) (рис.9).

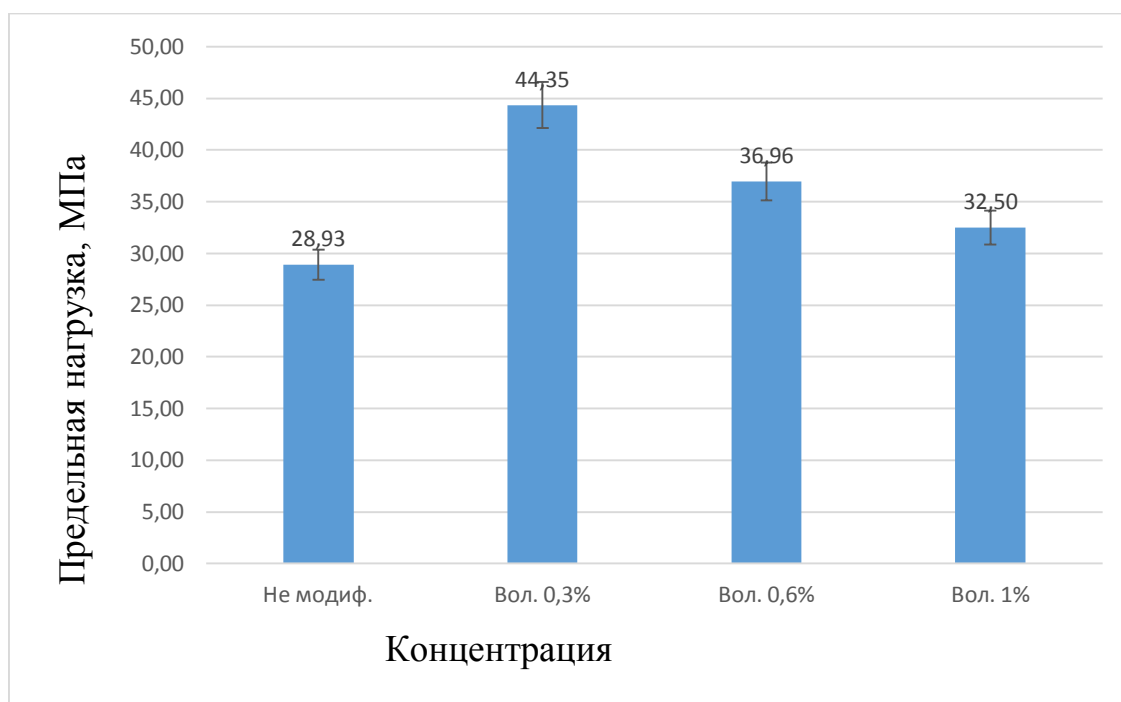


Рисунок 9 – Гистограмма при разрыве клеевого соединения - предел прочности эпоксидной смолы модифицированной нановолокнами (Вол.) оксида алюминия: 1 – эпоксидная смола без наночастиц; 2 – эпоксидная смола, содержащая 0,3 масс. % наночастиц; 3 – эпоксидная смола, содержащая 0.6 масс. % наночастиц; 4 – эпоксидная смола, содержащая 1 масс. % наночастиц.

Модифицирование эпоксидной смолы нанопластинами и агломератами наноллистов оксида алюминия в количестве 0,6 масс. % и 0,3 масс. % увеличивает предел прочности при разрыве до 34,85 МПа и 34,67 Мпа соответственно.

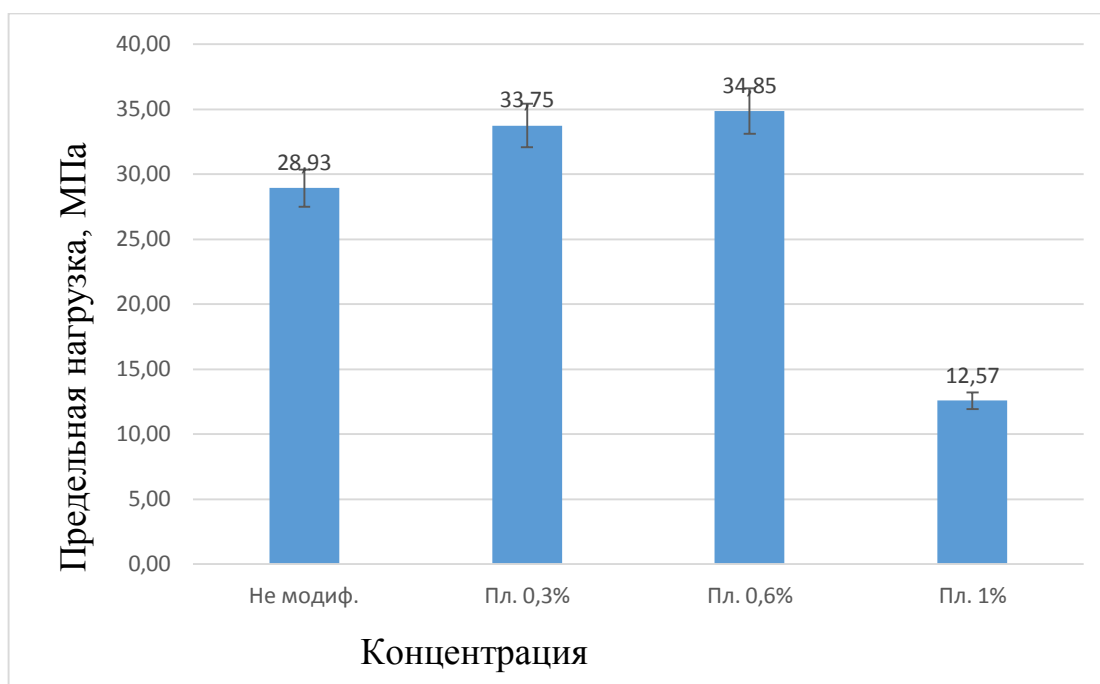


Рисунок 10 – Гистограмма при разрыве клеевого соединения - предел прочности эпоксидной смолы модифицированной нанопластинами оксида алюминия: 1 – эпоксидная смола без наночастиц; 2 – эпоксидная смола, содержащая 0,3 масс. % наночастиц; 3 - эпоксидная смола, содержащая 0.6 масс. % наночастиц; 4 - эпоксидная смола, содержащая 1 масс. % наночастиц.

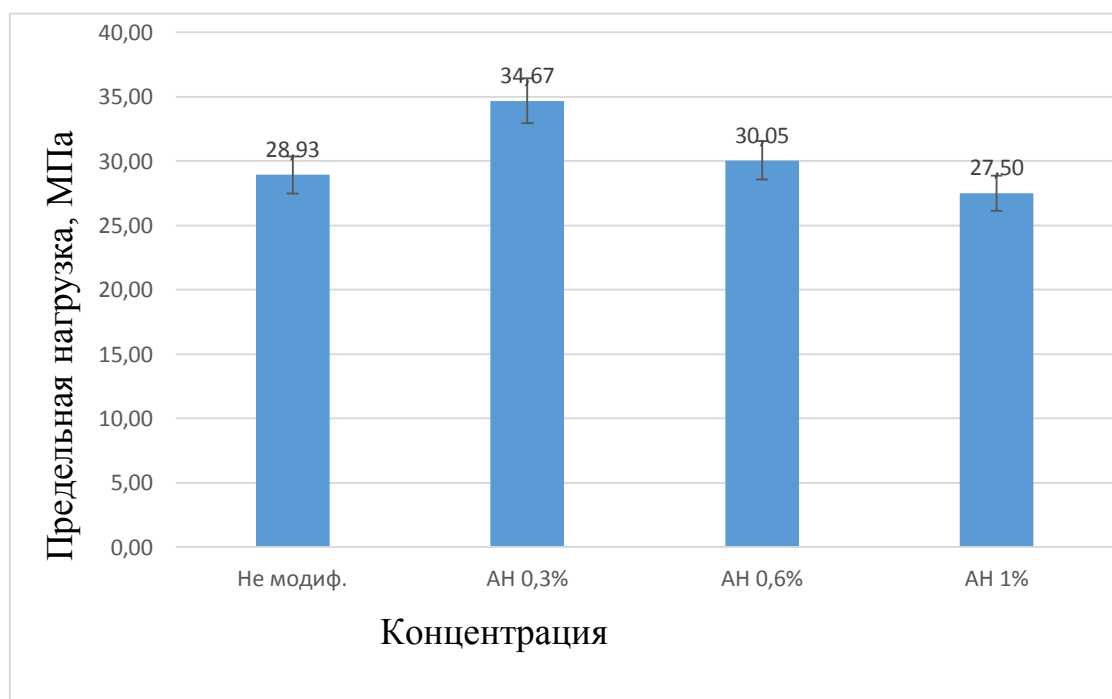


Рисунок 11 – Гистограмма при разрыве клеевого соединения - предел прочности эпоксидной смолы модифицированной агломератами наночастиц оксида алюминия: 1 – эпоксидная смола без наночастиц; 2 – эпоксидная смола, содержащая 0,3 масс. % наночастиц; 3 - эпоксидная смола, содержащая 0.6 масс. % наночастиц; 4 - эпоксидная смола, содержащая 1 масс. % наночастиц.

Из экспериментальных данных следует, что величина предела прочности при модификации полимера сферическими наночастицами и волокнами оксида алюминия выше, чем при модификации пластинами и агломератами наночастиц оксида алюминия. Вероятно этот эффект связан с размером частиц модификаторов. С уменьшением размера наночастиц растет удельная поверхность дисперсной фазы, что приводит к увеличению числа связей макромолекул полимера с поверхностью наночастиц и росту разрывной прочности полимерного композита.

Также увеличение адгезионного предела прочности образцов, модифицированных наночастицами связано, вероятно, с увеличением силы взаимодействия между адгезивом и субстратом, вследствие образования полярных функциональных групп. При модифицировании эпоксидных смол следует учитывать не только форму наночастиц, а также их агломерированность и равномерность распределения частиц в объеме матричного материала.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------------------|
| 4АМ41 | Султанов Халмурат Таиржанович |

| Институт | ИФВТ | Кафедра | ФВТМ |
|---------------------|---------|---------------------------|----------------|
| Уровень образования | магистр | Направление/специальность | Машиностроение |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ | 1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений |
| 2. Разработка устава научно-технического проекта | 1. Цели и результаты проекта 2. Организационная структура проекта 3. Иерархическая структура работ 4. Контрольные события проекта 5. План проекта |
| 3. Планирование и формирование бюджета научных исследований | Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Расчет материальных затрат НТИ 2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ 3. Основная заработная плата исполнителей темы 4. Отчисления на социальные нужды 5. Накладные расходы 6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта |
| 6. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности | Расчет коэффициента научно-технического уровня проекта |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|---|
| 1. Потенциальные потребители результатов исследования |
| 2. Бюджет проекта |

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Гаврикова Н.А. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------|---------|------|
| 4АМ41 | Султанов Х.Т.. | | |

1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок –целевой группой потребителей готовой продукции являются технологические компании, работа которых связана с склеиванием средненагруженных деталей из металла, пластмассы, древесины и др. К ним относятся автостроительные, авиастроительные, крупные мебельные компания и др.

Сегментирование. Так как покупателями являются, в основном, узкоспециализированные предприятия, и работа не связана напрямую с численностью населения, не рассматриваются поведенческие характеристики покупателей исследования, их возраст, покупателями не являются физические лицами, основными критериями, для того, что бы сегментировать рынок, являются вид деятельности и географический признак.

Под видом деятельности подразумевается узкая специализация предприятий. В таблице ниже представлены компании-покупатели разработки, из Кемеровской и Новосибирской областей..

| Название компании | Сегментация рынка по признаку | |
|-----------------------------|--|---|
| | Расположение | Специализация |
| ОАО «НАПО им. В.П. Чкалова» | 630051, ул. Лазарева, 31, Новосибирск, Новосибирская обл | Самолётостроительное предприятий |
| ООО «КузбассАвто» | г. Кемерово, Тухачевского ул.,52 а | Завод по сборке автобусов и грузовиков малого и среднего класса |

Таб. 1. Карта сегментирования рынка крупных машиностроительных предприятий

Так как работа является инновационной, по сути, у нее нет прямых конкурентов. Однако, мы можем рассмотреть, в качестве конкурентов, старые разработки, связанные с улучшением эпоксидной композиции частицами углерода, которые, в настоящее время, применяются в машиностроении.

Так же, как вариант для сбыта, могут быть рассмотрены компании, занимающиеся реставрацией, мебельные предприятия. Проблемой является то, что данные предприятия, в основном закупают только готовую продукцию, и, в большинстве случаев, не нуждаются в разработке. Но, существует немало компаний, которые планируют производить полный цикл продукции, от создания «сырья», до окончательного продукта, который доходит до потребителя. Для таких компаний и будет полезна наша разработка, на них мы так же будем нацелены, в поиске клиентов.

2. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта магистерской работы должен иметь следующую структуру:

1. Цели и результат проекта. В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п. Информацию по заинтересованным

сторонам проекта представить в табл. 9.

Таблица 9

Заинтересованные стороны проекта

| Заинтересованные стороны проекта | Ожидания заинтересованных сторон |
|--|--|
| 1. Султанов Халмурат Таиржанович, магистрант группы 4АМ41 | Успешное завершение исследования, защита магистерской диссертации |
| 2. Лаборатория Физикохимии высокодисперсных материалов ИФПМ СО РАН | Получение данных, возможность использовать информацию исследования |

В табл. 10 необходимо представить информацию о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта должны включать цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 10

Цели и результат проекта

| | |
|---|--|
| Цели проекта: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Улучшение клевых способностей эпоксидной композиции 2. Замена на клеевые соединения сварку, пайку и др. |
| Ожидаемые результаты проекта: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Получение прибыли, опираясь на разработку (для заказчика) 2. Расширение ассортимента клеевых и их модификаторов |
| Критерии приемки результата проекта: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Результаты испытаний (предел прочности на разрыв) |
| Требования к результату проекта: | Требование: |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Соответствие государственным стандартам Увеличение предела прочности при одноосном разрыве (МПа) до модифицировании наночастицами и после |
| | <ol style="list-style-type: none"> 2. Точность выполнения экспериментов |
| | <ol style="list-style-type: none"> 3. Однозначный результат |
| | <ol style="list-style-type: none"> 4. Результат проекта должен иметь актуальное теоретическое и |

| | |
|------|--|
| | практическое значение |
| | 5. Наглядные иллюстрации (графики и диаграммы) |
| 3.1. | 6. Выполнения проекта в срок |

Организационная структура проекта. На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информацию представить в табличной форме (табл. 11).

Таблица 11

Рабочая группа проекта

| № п/п | ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте | Функции | Трудозатраты, час. |
|--------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| 1 | Султанов Х.Т. | Исполнитель | Проведение экспериментов | 2000 |
| 2 | Лернер М.И. | Ответственный, руководитель проекта | Ответственный за работу | 100 |
| ИТОГО: | | | | 2100 |

В ходе реализации научного проекта, помимо магистранта, задействован ряд специалистов:

- *Руководитель проекта* – отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта. В большинстве случаев эту роль выполняет руководитель магистерской диссертации.

- *Исполнитель по проекту* – специалист, выполняющий отдельные работы по проекту. В случае, если магистерская работа является законченным научным исследованием – исполнителем проекта является

магистрант. В случае, если магистерская работа является частью научного проекта, исполнителей может быть несколько.

3. Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

• Таблица 12

| Фактор | Ограничения/ допущения |
|---|---|
| 3.1. Бюджет проекта | 400000 рублей |
| 3.1.1. Источник финансирования | ИФПМ СО РАН |
| 3.2. Сроки проекта: | С 20.08.14 по 20.06.16 |
| 3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом | 20.08.14 |
| 3.2.2. Дата завершения проекта | 20.06.16 |
| 3.3. Прочие ограничения и допущения* | Ограничения во времени в использовании аппаратуры и установок |

3. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей

3.2. Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Эту информацию необходимо свести в таблицу (табл. 13)

Таблица 13

Контрольные события проекта

| Контрольное событие | Дата | Результат (подтверждающий документ) |
|---------------------|---------|--|
| Обсуждение плана | 1.09.15 | Утверждение участников |

| проект | | исследования |
|--|----------|--|
| Обзор литературы (сбор необходимой информации) | 1.10.15 | Отчет по изученной литературе. |
| Подготовка необходимого оборудования для исследования | 15.10.15 | Готовое оборудование |
| Подготовка и закупка материалов и реагентов | 17.11.15 | Подготовленные материалы |
| Введение наночастиц в эпоксидную композиту | 24.11.15 | Готовые образцы |
| Испытания на разрывную прочность | 20.01.16 | Данные о прочности |
| Испытания на изгиб | 1.02.16 | Данные о физико-механических испытаниях |
| Описание результатов | 6.04.16 | Раздел в магистерской диссертации |
| Отчет по исследовательской работе | 15.06.16 | Отчет |
| Защита диплома | 22.06.16 | Диплом |

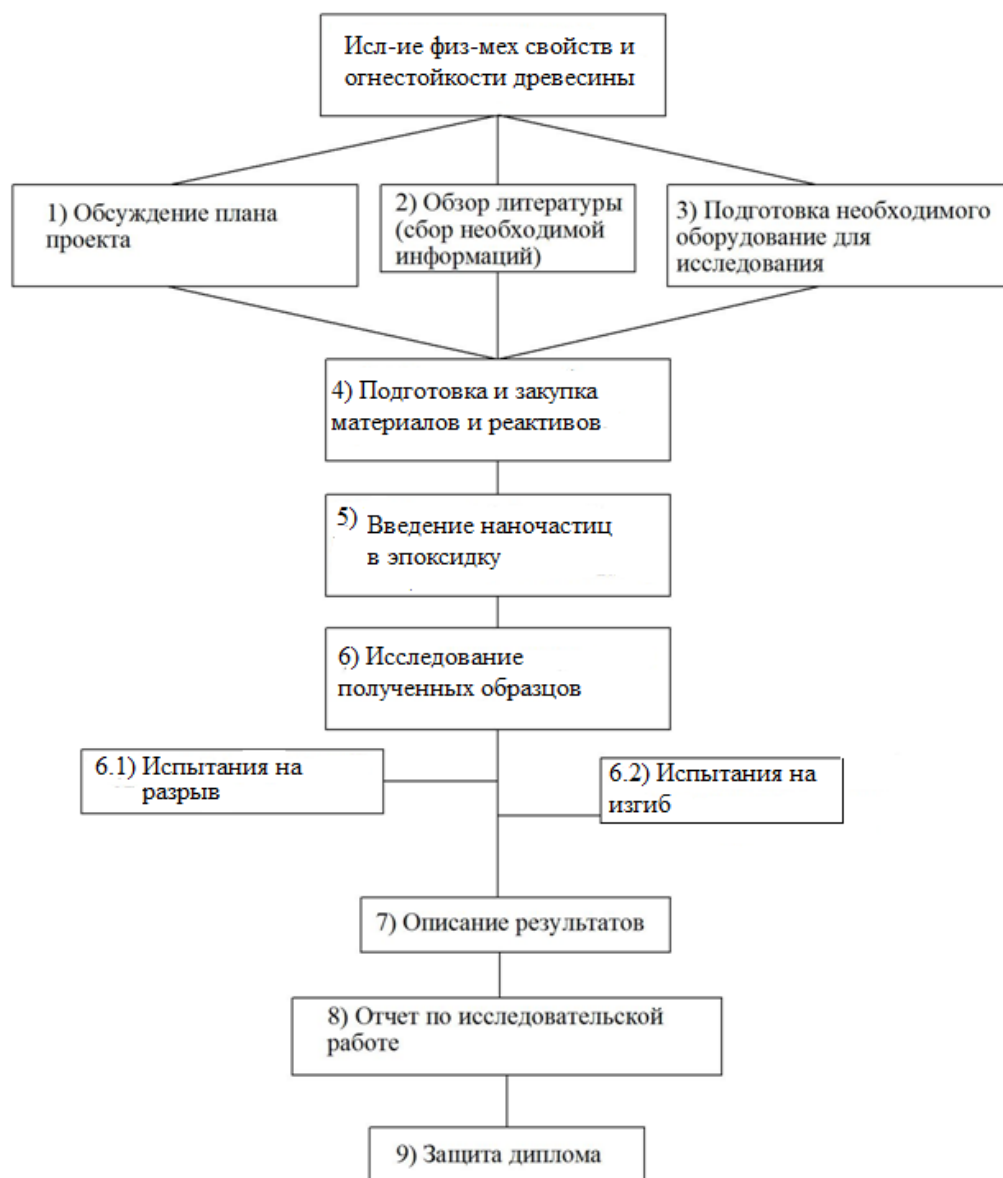


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура проекта

Бюджет научного исследования

Таблица 4.10 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

| Наименование | Кол-во, кг | Цена за кг. единицу, руб. | Сумма, руб. |
|-------------------------------|---------------|------------------------------|-------------|
| Эпоксидная смола ЭД-20 | 1 | 245 | 245 |
| Отвердитель изо-МГТФА | 1.22 | 160 | 195.2 |
| Активный разбавитель Э-181 | 0.33 | 390 | 128.7 |

| | | | |
|--|-------|-------|---------|
| Ускоритель отверждения УП 606/2 | 0.01 | 360 | 3.6 |
| Нанопорошок оксида алюминия (Сферические.) | 0.01 | 11494 | 114.94 |
| Нанопорошок оксида алюминия (Пластины) | 0.01 | 15600 | 156 |
| Нанопорошок оксида алюминия (Волокна.) | 0.01 | 17300 | 173 |
| Нанопорошок оксида алюминия (Агломераты нанолистов) | 0.01 | 24200 | 242 |
| Этиловый спирт | 1 | 200 | 200 |
| ПАВ 8-оксихинолин | 0.001 | 950 | 1 |
| Всего за материалы | | | 1459.44 |
| Транспортно-заготовительные расходы (3-5%) | | | 73 |
| Итого по статье С _м | | | 1532.44 |

Амортизационные отчисления

$$H_a = (1/T) \cdot 100\% , \quad (4.1)$$

$$A = (S/365) \cdot H_a \cdot t, \quad (4.2)$$

где t – время эксплуатации (дни);

T – срок службы;

H_a – норма амортизации.

Таблица 4.11 – Амортизационные отчисления

| Наименование оборудования | Цена единицы оборудо- вания, руб. | Срок служ- бы, T, дни | Время эксплуа- тации, t, дни | H _a норма амортизации | Амортиза- ционные отчисле- ния, руб. |
|------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Диспергатор Узг | 99400 | 3650 | 24 | 0,1 | 654 |

| | | | | | |
|--|---------|------|----|-------|------|
| 13-0.1/22 | | | | | |
| Ультразвуковая ванна ВУ-09Я-ФП0.3 | 25700 | 3650 | 24 | 0,1 | 169 |
| Печь Memmert | 184900 | 5475 | 24 | 0,067 | 814 |
| Дегазационная камера | 120600 | 5475 | 24 | 0,067 | 531 |
| Дисковая центрифуга CPS DC-2400 | 300000 | 3650 | 12 | 0,1 | 986 |
| Универсальная испытательная машина серии LFM | 1500000 | 5475 | 4 | 0,067 | 1100 |
| ИТОГО | | | | | 4254 |

Расчет заработной платы

Заработная плата рабочим рассчитана по тарифным ставкам и отработанному времени. Расчет заработной платы персоналу сведен в таблицу 4.12.

Таблица 4.12 – Расчёт заработной платы

| Исполнители | Количество | Зарплата, руб./мес. | Количество отработанных дней | Всего з.п, руб | Дополнительная з.п | Отчисления на социальные нужды |
|---------------------|------------|---------------------|------------------------------|----------------|--------------------|--------------------------------|
| <i>Руководитель</i> | 1 | 33000 | 128 | 176000 | 21120 | 52800 |
| <i>Исполнитель</i> | 1 | 9000 | 203 | 83045 | 9965 | 24913 |
| Итого: | | | | 259045 | 31085 | 77713 |

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (4.3)$$

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.4)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления на социальные нужды составляет 30%

Затраты на электроэнергию

Тариф на электроэнергию – 4,63 руб/(кВт·ч).

Таблица 4.13 – Затраты на электроэнергию

| Наименование оборудования | Мощность, кВт | Время эксплуатации, Час | Расход электроэнергии, руб. |
|--|---------------|-------------------------|-----------------------------|
| Диспергатор Узг 13-0.1/22 | 0.1 | 144 | 66.6 |
| Ультразвуковая ванна ВУ-09Я-ФП0.3 | 0.45 | 288 | 600 |
| Печь Memmert | 2.5 | 576 | 6667.2 |
| Дегазационная камера | 1.5 | 576 | 4000 |
| Дисковая центрифуга CPS DC-2400 | 2.4 | 288 | 3200 |
| Универсальная испытательная машина серии LFM | 5.0 | 96 | 2222.4 |
| ИТОГО | | | 16756.2 |

Затраты на водоснабжение

Тариф на водоснабжение 30,22 р. м³

Примерный расход воды за время исследований составляет 12 м³

Затраты на водоснабжение за весь период исследования составляет 362.64 руб.

Затраты на водоотведение

Тарифы на водоотведение 20,59 р.м³

Затраты на водоотведение за весь период исследования составляет 247 руб.

Накладные расходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (19)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

| | Основная з.п | дополнительная | накладных расходов |
|---------------------|--------------|----------------|--------------------|
| <i>Руководитель</i> | 176000 | 21120 | 167552 |
| <i>Исполнитель</i> | 83045 | 9965 | 79068 |

$$C_{\text{накл}} = 0.85 \cdot (259045 + 31085) = 246610.5(\text{руб})$$

Накладные расходы составляю 246610 руб.

Полная смета затрат на выполнение НИР

Полная смета затрат приведена в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Полная смета затрат

| Статьи | Затраты, руб |
|--------------------------------------|--------------|
| Основные и вспомогательные материалы | 1532.44 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| Заработная плата | 259045 |
| Дополнительная заработная плата | 31085 |
| Отчисления на социальные нужды | 77713 |
| Затраты на электроэнергию | 16756.2 |
| Амортизация | 4254 |
| Затраты на водоотведение | 246 |
| Затраты на водоснабжение | 362,64 |
| Итого | 390775.816 |

3.5. Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать табл. 23.

Таблица 23

Выбор организационной структуры научного проекта

| Критерии выбора | Функциональная | Матричная | Проектная |
|--|----------------|-----------|-----------|
| Степень неопределенности условий реализации проекта | Низкая | Высокая | Высокая |
| Технология проекта | Стандартная | Сложная | Новая |
| Сложность проекта | Низкая | Средняя | Высокая |
| Взаимозависимость между отдельными частями проекта | Низкая | Средняя | Высокая |
| Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ) | Низкая | Средняя | Высокая |
| Взаимосвязь и взаимозависимость | Высокая | Средняя | Низкая |

| | | | |
|---|--|--|--|
| проекта от организаций более высокого уровня | | | |
|---|--|--|--|

Пример проектной организационной структуры научного проекта приведен на рис. 9.

Для данной научно-исследовательской работы была выбрана функциональная организационная структура.

3.6. Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (табл. 24).

Таблица 24

Матрица ответственности

| Этапы проекта | Роль/должность | Роль/должность | Роль/должность |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Постановка задачи | О | | |
| Разработка и утверждение технического задания (ТЗ) | О | У | |
| Подбор и изучение материалов по тематике | О | | И |
| Разработка календарного плана | О | | И |
| Обсуждение литературы | О | | И |
| Выбор модифицирующих материалов и методики изготовления композиции | О | У | |
| Изготовление образцов | | | И |
| Испытание образцов | | | И |

| | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Анализ результатов испытания | О | У | И |
| Оформление графического материала | | | И |
| Подведение итогов | О | | И |

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

3.7. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу (табл. 26).

Таблица 26

Реестр рисков

| № | Риск | Потенциальное воздействие | Вероятность наступления (1-5) | Влияние риска (1-5) | Уровень риска* | Способы смягчения риска | Условия наступления |
|---|-------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|---------------------------|---|
| 1 | Технический | Неспособность проведения работы | 1 | 4 | Средний | Своевременный тех. осмотр | Износ оборудования, необходимость в более высокой точности аппаратуры |
| 2 | Внешний | Нехватка сырья для | 2 | 5 | Средний | Оформление | Проблемы с |

| | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|---|---|---------|--|--------------------------------|
| | | проведения работы | | | | договор а, надежн ый поставщ ик | доставкой |
| 3 | Орган изаци онны й | Проблемы с финансиро ванием | 1 | 5 | Средний | Получе ние патенто в, грантов | Нехватка денег в бюджете |

3.9. План управления контрактами и поставками

Этот план формируется в случае необходимости заключения контрактов для осуществления поставок или работ по проекту. Данные по этому разделу сводятся в табл. 27.

Таблица 27

Требования к объектам контрактов

| № | Объект контракта (продукт/услуга) | Требования к продукту/услуге | Требования к срокам поставки | Требования к поставщику/подрядчику |
|---|---|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Детали для склейки | Согласно ГОСТ | 5 дней | Изготовление согласно ТЗ |

Таблица 28

План закупок проекта

| № | Закупаемые материалы/услуги | Количество (кг) | Поставщик |
|---|------------------------------------|--------------------|--|
| 1 | Порошки наночастиц | 4 вида По 0.01 | Компания «передовые порошковые технологии» (ППТ) |
| 2 | Эпоксидная смола ЭД-20 | 1 | Компания «Бал и Ко» |
| 3 | Отвердитель изо-МГТФА | 1.22 | АО «ЭНПЦ- ЭПИТАЛ» |
| 4 | Активный разбавитель Э-181 | 0.33 | АО «ЭНПЦ-ЭПИТАЛ» |
| 5 | Ускоритель отверждения УП 606/2 | 0.01 | АО «ЭНПЦ-ЭПИТАЛ» |

4.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (23)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (24)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 32

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии \ ПО | Весовой коэффициент параметра | Текущий проект | Аналог 1 | Аналог 2 |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|----------|----------|
| 1. Безопасность составление композита | 0,1 | 5 | 3 | 4 |
| 2. Энергосбережение | 0,15 | 4 | 2 | 3 |
| 3. Надежность | 0,15 | 5 | 3 | 3 |
| 4. Материалоемкость | 0,20 | 4 | 3 | 3 |
| ИТОГО | 1 | | | 1 |

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 = 2,65$$

$$\text{Аналог 1} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 = 1,5$$

$$\text{Аналог 2} = 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 = 1,9$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} \quad \dots \quad (25)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (26)$$

где \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта; $I_{мэ}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{мэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 33

Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели | Аналог | Разработка |
|-------|------------|---|------------|
| 1 | | Интегральный финансовый показатель разработки | |
| 2 | | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | |
| 3 | | Интегральный показатель эффективности | |
| 4 | | Сравнительная эффективность вариантов исполнения | |

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------------------|
| 4AM41 | Султанов Халмурат Таиржанович |

| Институт | Физики Высоких Технологий | Кафедра | Физики высоких технологий в машиностроении |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| Уровень образования | магистр | Направление/специальность | машиностроение |

Тема дипломной работы: Влияние формы наночастиц оксида алюминия на прочностные свойства эпоксидной смолы.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Целью данной работы является исследование влияние наночастиц оксида алюминия с различной морфологией на адгезионные свойства эпоксидных композитов..
2. Описание рабочего места на предмет возникновения:
 - вредных проявлений факторов производственной среды
(для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, исключить контакт с вредными, токсичными веществами – ацетон и тетрагидрофталевый ангидрид др., которые могут образовываться в процессе работы установки, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от силового блока ультразвуковой ванны, вентиляции);
 - опасных проявлений факторов производственной среды
(в связи с присутствием электричества для питания энергоблока дегазационной камеры и освещенности лаборатории, наличии горючих и легковопламеняемых элементов необходимо предусмотреть, если есть, то перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности);
 - необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых химических проявлений и образующихся отходов: парниковые и токсичные пары, «черновые» листы бумаги, отработанные картриджи, принтеры и др. оргтехника;
 - необходимо обеспечить устойчивую работу вашего производственного участка при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
 - а) приводится перечень всех используемых в работе реагентов, их агрегатное состояние, класс опасности (токсичности), механизм воздействия их на организм человека, единицы измерения количества (концентрации); приводится перечень средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, а также защиты окружающей среды;
 - б) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет потребного воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);
 - в) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;
 - г) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);

| |
|--|
| предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) |
| 2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ; б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка; пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия). |
| 3. Охрана окружающей среды: организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации установки, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов). |
| 4. Защита в чрезвычайных ситуациях: а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС; разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий |
| 5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе); |
| Перечень графического материала: 1) Пути эвакуации 2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------|
| Профессор | Федорчук Ю.М. | Д.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 4АМ41 | Султанов Халмурат Таиржанович | | |

Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрен плазмохимический реактор для конверсии природного газа, который является лабораторной установкой.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимоувязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В лаборатории, где находятся различные электроустановки, магнетрон, а также используется метан в качестве исходного продукта, могут быть следующие вредные факторы: наличие - а) не комфортных метеоусловий; б)

вредных веществ; в) производственного шума; г) недостаточной освещенности; д) электромагнитного излучения;

1.1 Метеоусловия

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было

охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица 1.1 - Требования к микроклимату

| Период года | Категория работы | Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|
| Холодный | средняя | 19 – 24 | 15 - 75 | ≤ 0.1 |
| Теплый | средняя | 20 - 28 | 15 - 75 | ≤ 0.2 |

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

1.2 Вредные вещества

Процесс изготовления и испытания образцов из эпоксидной смолы, модифицированной нанопорошками Al_2O_3 с различной формой, связан с различными по классу опасности пунктами. Для обеспечения безопасности работы источники вредных воздействий на человека предусматривается размещать в отдельных помещениях. Площадь исследовательской лаборатории на одного рабочего превышает $4,5 \text{ м}^2$, а объем превышает 30 м^3 . Здание экспериментального цеха перекрывается железобетонными блоками, стены сборные, панели толщиной 300 мм.

Общая характеристика условий работы экспериментального цеха приведена в таблице 17.

Таблица 1.2.1 – Общая характеристика условий работы физико-химической исследовательской лаборатории

| Наименование цеха | Санитарный класс производства | Класс пожароопасности по ПУЭ | Класс взрывоопасности по ПУЭ | Класс помещения по опасности поражения электрическим током | Категория производства по ПУЭ |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Исследовательская лаборатория | V | II – III | B – I – а | Помещение повышенной опасности | B1 |

Характеристика токсичных веществ

Для защиты от вредных веществ, предусматриваются:

- герметизация оборудования;
- средства индивидуальной защиты;
- местная приточно-вытяжная вентиляция;
- автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением вредных веществ.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделены на четыре класса опасности: 1 - вещества чрезвычайно опасные, 2 - вещества высоко опасные, 3 - вещества умеренно опасные, 4 - вещества мало опасные, в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76. «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». Эпоксидная смола ЭД-20 токсична, вызывает раздражение кожи человека при контакте. В связи с этим использовались индивидуальные средства защиты – резиновые перчатки, респираторы.

Эпихлоргидрин в концентрациях, превышающих предельно допустимую, обладает высокой токсичностью и резко выраженными раздражающими и сенсibiliзирующими свойствами, вызывает тяжелые изменения в легких, печени и почках, легко проникает через неповрежденную кожу и вызывает острое и хроническое отравление.

Таблица 1.2.2 – Характеристика токсичных веществ по ГОСТ 12.1.005 – 88

| Наименование вещества | Агрегатное состояние | Характер воздействия на организм человека | Величина ПДК, (мг/м3) | Класс опасности |
|--------------------------------|-------------------------|--|--------------------------|--------------------|
| Этиловый спирт | жидкое | органы дыхания | 1000 | 4 |
| Изопропиловый спирт | жидкое | органы дыхания | 10 | 3 |
| Тетрагидрофталевый ангидрид | жидкое | кожа | 0,7 | 2 |
| Ацетон | жидкое | кожа, органы дыхания | 200 | 4 |

Пары толуола в высоких концентрациях действуют наркотически, оказывают раздражающее действие на кожу. При длительном воздействии толуол вызывает раздражение слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей, головокружение, рвоту, потерю аппетита.

Толуол и эпихлоргидрин относятся к легкогорючим веществам, 2-ому классу опасности по ГОСТ 12.1.007-76.

Таблица 1.2.3 - Вредные соединения, выделяющиеся при разложении волокнистого слоя материала ФПА

| Наименование соединения | ПДК, мг/м ³ | Класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88 |
|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Толуол | 50 | 3 |
| Эпихлоргидрин | 1 | 2 |

1.3. Производственный шум

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

1.4 Тепловое излучение

В лаборатории в результате технологического процесса имеет место тепловое излучение от печей, дегазирующих камер, ультразвуковых ванн.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50% поверхности тела и более, 70 Вт/м^2 - при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м^2 - при облучении не более 25% поверхности тела в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 12.1.005.-88.

Для снижения теплового излучения по ГОСТ 12.4.123 – 83

предусматриваются следующие меры СКЗ и СИЗ:

СКЗ

- тепловая изоляция горячих поверхностей с температурой наружной поверхности более 45 0С;
- специальная сигнальная окраска для предохранения работающих от ожогов;
- ограждения по ГОСТ 12.2.062-82;
- вентиляция;

СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств:(брезентовые или суконные костюмы, очки со светофильтрами, щитки из органического стекла и др.)

1.5 Освещенность

В помещении исследовательской лаборатории предусматривается освещение в соответствии со СНиП 23 – 05 – 95:

- искусственное, комбинированная система. Источники освещения: газоразрядные ртутные лампы низкого давления;
- рабочее, для освещения помещения в соответствии с характером выполняемых работ применяют люминесцентные лампы низкого давления дневного света с исправленной цветностью ЛДЦ, и дневного света ЛД со светильниками рассеянного света типа ОД, ОДОР, пылеводозащищённые типа ПВЛМ, ППР;
- аварийное, для продолжения работ при отключении рабочего освещения (питание от независимого источника энергии, аккумуляторных батарей) с лампами накаливания в универсальных светильниках прямого света типа Астра, УПМ – 15, светильник типа ПСХ;
- эвакуационное (по основным проходам и лестничным клеткам).

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 200 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A=6.5\text{м}$, ширина $B=7\text{м}$, высота $=3,5\text{м}$. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0\text{ м}$. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 200 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 40\text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c=50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{\Gamma}=70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z= 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-30, световой поток которой равен $\Phi_{\text{ЛД}} = 1800 \text{ Лм}$.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5 \text{ м}$.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5 \text{ м}$.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м}.$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{7}{2,2} = 2,72 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{6,5}{2,2} \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 3 = 9$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

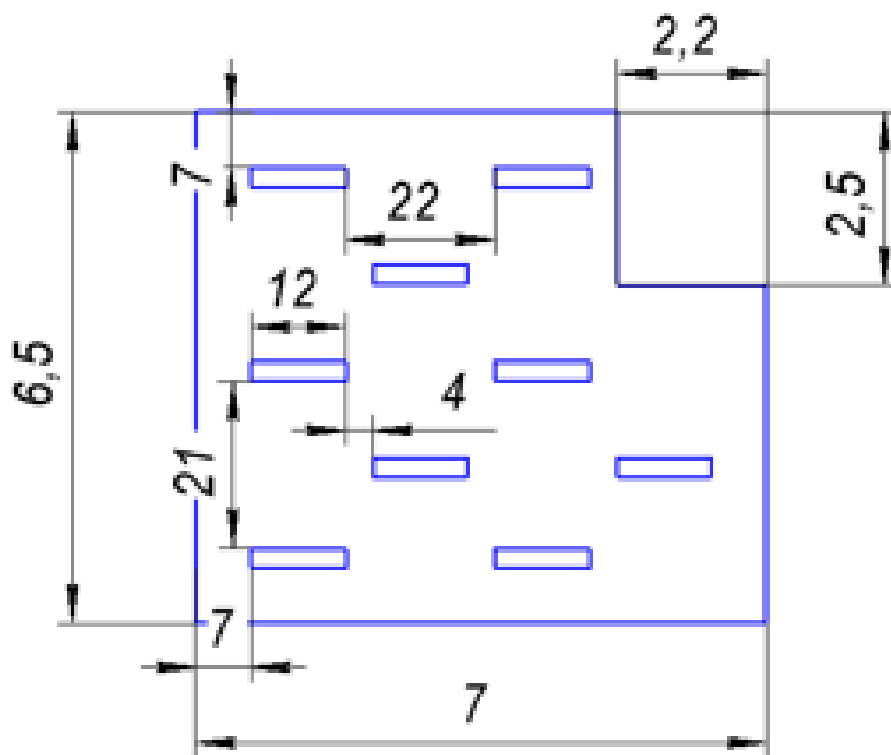


Рисунок 13 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{6.5 \cdot 7}{2.0 \cdot (6.5 + 7)} = 1.68$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70 \%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1.6$ равен $\eta = 0.47$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 6.5 \cdot 7 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{18 \cdot 0.47} = 1774 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{1800 - 1774}{1800} \cdot 100\% = 1.4\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 1.4\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

2.1 Факторы электрической природы

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с

присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.
3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

При подключении локального заземления к нейтрали трансформатора / генератора в системе TN суммарное сопротивление заземления (локального + всех повторных + заземления трансформатора / генератора) должно быть не более **4 Ом** (ПУЭ 1.7.101). Напряжение составляет менее 36 В. Сила тока должна быть менее 0,1 ампера.

Исследовательская лаборатория относится к классу повышенной опасности по поражению электрическим током от 380 В до 0,4 кВ, напряжение освещения 220 В, напряжение ручных ламп не более 12 В. Общее требование

по электробезопасности выполнять в соответствии с ГОСТ 12.1.019 – 79 и ПУЭ.

Для обеспечения электробезопасности предусматривается СКЗ и СИЗ:

- заземление, зануление токоведущих частей оборудования по ГОСТ12.1.030 – 81 и ПУЭ;
- ограждение и изоляция оборудования и токопроводов по ГОСТ 12.1.030– 81 и ПУЭ;
- недоступность проводов (двойная изоляция);
- автоматическое отключение и блокировка при аварии.
- диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления.

К общей системе заземления подключают все металлические части оборудования, не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под током вследствие замыкания под корпус.

2.2 Факторы пожарной и взрывной природы

Исследовательская лаборатория относится к категории В1 по НПБ –105 – 95, III степени огнестойкости здания с пределом огнестойкости СНИП 21.01 – 97*: ограждений R 120, перекрытий RYE 60, лестничных клеток RYE 120.

Основными причинами пожаров являются:

- возгорание пожароопасных веществ;
- замыкание электропроводки;
- электрогазосварочные работы;
- возгорание электродвигателей.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

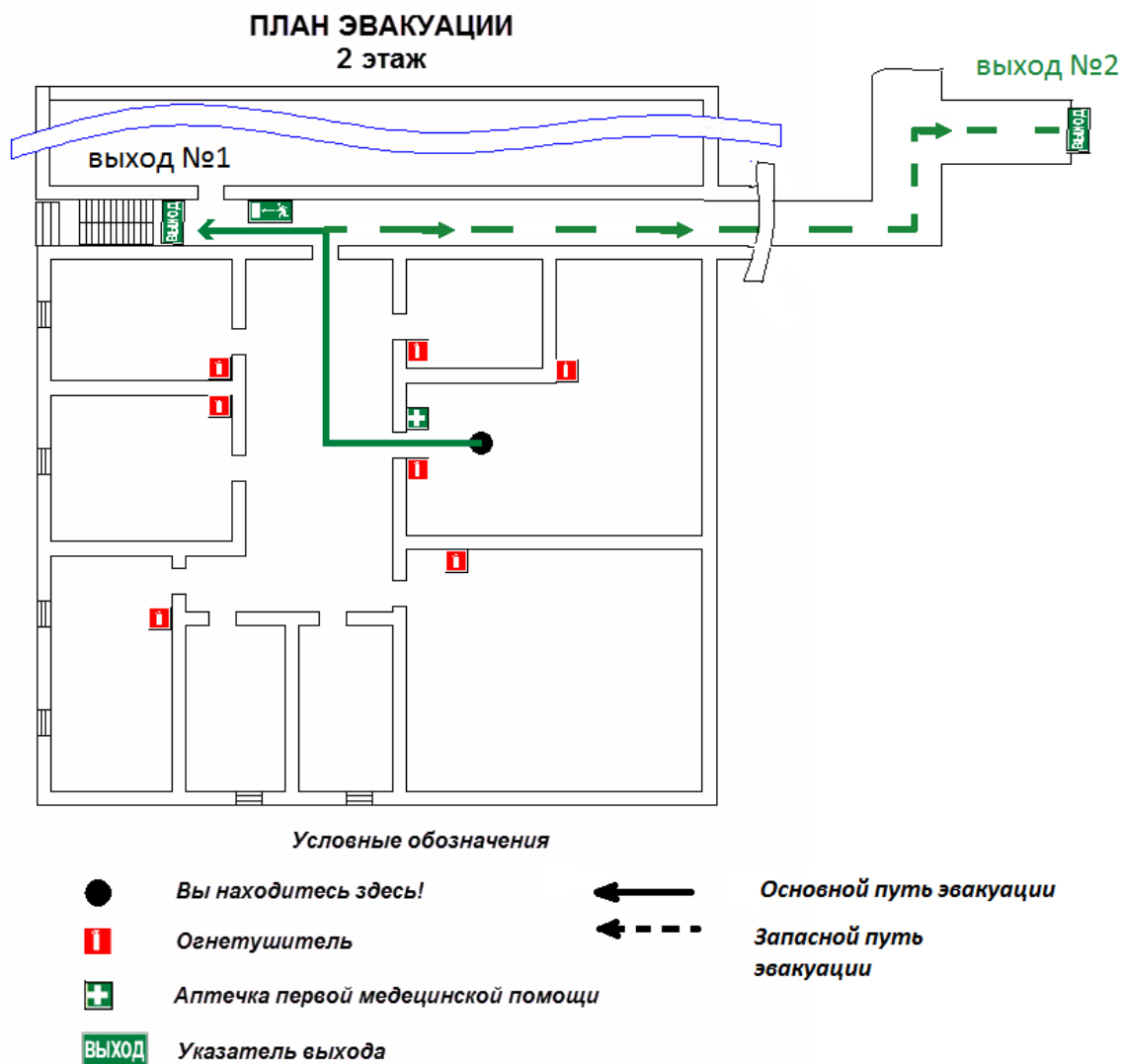


Рисунок 14 – План эвакуации в случае чрезвычайной ситуации

3 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в лаборатории необходимо осуществлять сбор водорода в специальные емкости (в настоящее время он выпускается в воздух).

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

Над каждым рабочим местом имеется вытяжная система которая снабжена специальными фильтрами для очистки воздуха от наночастиц. После происходит утилизация или очистка фильтров в специализированных компаниях согласно технологическому процессу.

4 Защита в ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения.

В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. При возникновении диверсии или ЧП, в здании лаборатории должны быть предусмотрены резервные дизельные электрогенераторы, для обеспечения бесперебойной подачи электроэнергии.

Эвакуации с территории лаборатории осуществляется на личном автотранспорте или пешком, для этого существуют все условия, 2 дороги,

ведущие к корпусу, стоянка для личного автотранспорта. Служебный транспорт не предусмотрен.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим;
- организация служебного транспорта для эвакуаций людей;

5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ГОСТ 12.1.007-76. «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
6. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
7. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
8. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
9. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
10. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
11. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
12. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
13. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты.
14. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

Графические материалы

- 1) Освещенность на рабочем месте
- 2) Пути эвакуации

Выводы

1. . Ультразвуковое воздействие при частоте излучения 22 кГц в течении 15 мин. позволяет достаточно эффективно разрушать агломераты нанопластинок, нановолокон и нанолистов
2. Обработка ультразвуком приводит к разрушению агрегатов и позволяет распределить наночастицы в эпоксидной матрице относительно равномерно. Обработка наночастиц поверхностно активным веществом 8-оксихинолином позволяет создать на их поверхности промежуточный слой, который, с одной стороны, прочно связан с поверхностью наночастицы, с другой – смачивается полимером.
3. С увеличением концентрации агломератов нанолистов и нановолокон в ЭС с 0.3 вес. % до 1 вес. % наблюдается снижение разрывной прочности полимерного нанокомпозита от 34 МПа до 27 МПа и от 44 МПа до 32 МПа соответственно
4. С увеличением концентрации нанопластин в ЭС с 0.3 вес. % до 0.6 вес. % наблюдается увеличение разрывной прочности полимерного нанокомпозита от 33 МПа до 35 МПа. При концентрации нанопластин более 1 вес. % разрывная прочность нанокомпозита снижается
5. Максимальная прочность 44 МПа полимерного нанокомпозита достигается при модификации ЭС сферическими наночастицами при 3 вес. %
6. Увеличение адгезионного предела прочности образцов, модифицированных наночастицами связано, вероятно, с увеличением силы взаимодействия между адгезивом и субстратом, вследствие образования полярных функциональных групп. При модифицировании эпоксидных смол следует учитывать не только форму наночастиц, но и равномерность распределения частиц в объеме, а так же их агломерированность материала.

Список использованных источников

1. Сидоренко Ю.Н. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы // Томск. 2007.
2. Брусенцева Т.А., Филиппов А.А., Фомин В.М. Композиционные материалы на основе эпоксидной смолы и наночастиц.
3. Кардашов Д.А. Эпоксидные клеи // М. 1973.
4. Еселев А.Д., Бобылев В.А. Отвердители для клеев на основе эпоксидных смол // Клеи. Герметики. Технологии. 2005. 4.
5. Ананьева Е.С. и др. Свойства эпоксидиановых связующих, модифицированных полиметилена-п-трифенилборатом и наночастицами различной природы // Ползуновский вестник. 2013. 1.
6. Ахматова О.В., Тренисова А.Л., Горбунова И.Ю. Изучение нанонаполнителей на свойства материалов основе эпоксидного олигомера.
7. S.-Y. Fu, X.-Q. Feng, B. Lauke, Y.-W. Mai. Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate–polymer composites. Composites: Part B 39. (2008). P. 933–961.
8. Dekkers MEJ, Heikens D. The effect of interfacial adhesion on the tensile behavior of polystyrene–glass-bead composites. J Appl. Polym. Sci. 1983;28: P. 3809–3915.
9. Nielsen, L. E.; Landel, R. F. Mechanical Properties of Polymers and Composites, 2nd ed.; Marcel Dekker: New York, 1994.
10. Ji XL, Jing JK, Jiang BZ. Tensile modulus of polymer nanocomposites. Polym. Eng. Sci. 2002; 42: P.983–993.
11. T. Lan et. al. Clay-Reinforce Epoxy Nanocomposites, Chem. of Mater. 6 (1994), P. 2216–2219.
12. K. Wang, L. Chen, J. Wu, M.L. Toh, C. He, A.F. Yee. Epoxy nanocomposites with highly exfoliated clay: Mechanical properties and fracture mechanisms. Macromolecules. 2005. 38. P. 788-800.

13. Omrani, A., Simon, L.C., Rostami, A.A. The effects of alumina nanoparticle on the properties of an epoxy resin system. *Mater. Chem. Phys.* 2009, 114, P. 145-150.
14. Ng CB, Schadler LS, Siegel RW. Synthesis and mechanical properties of TiO₂-epoxy nanocomposites. *Nanostructured Materials* 1999;12:507–510
15. S.H. Limetal. / *Materials Science and Engineering. A.* 527 (2010) P. 5670–5676.
16. Noraiham Mohamad, Andanastuti Muchtar, Mariyam Jameelah, Ghazali Dahlan, Hj. Mohd, Che Husna Azhari. The Effect of Filler on Epoxidised Natural Rubber-Alumina Nanoparticles Composites. *European Journal of Scientific Research.* Vol.24 No.4 (2008), P.538-547.
17. E. Vassileva, K. Friedrich. Epoxy/Alumina Nanoparticle Composites. II. Influence of Silane Coupling Agent Treatment on Mechanical Performance and Wear Resistance. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 101, 4410–4417 (2006).
18. Z. Guo, T. Pereira, O. Choi, Y. Wang and H. Thomas Hahn. Surface functionalized alumina nanoparticle filled polymeric nanocomposites with enhanced mechanical properties. *J. Mater. Chem.*, 2006, 16, P. 2800–2808.
19. Huinan Liu, Thomas J Webster. Mechanical properties of dispersed ceramic nanoparticles in polymer composites for orthopedic applications. *International Journal of Nanomedicine* 2010;5 299–313.
20. M. Arroyo, M.A. Lopez-Manchado, J.L. Valentin and J. Carretero. Morphology/behaviour relationship of nanocomposites based on natural rubber/epoxidized natural rubber blends, *Compo. Sci. & Tech.*, 2006.
21. J. Jordan, K.I. Jacob, R. Tannenbaum, M.A. Sharaf, I. Jasiuk. Experimental trends in polymer nanocomposites – a review. *Materials Science and Engineering . A* 393 (2005). P. 1-11.
22. Чвалун С.Н. Полимерные нанокомпозиты // *Природа*. 2000. №7.

C.

22–30.

23. F. Caruso. Nanoengineering of Particle Surfaces. Adv. Mater. 2001.13.

№1. P. 11-22.

24. L. D. Rhein, M. Schlossman, A. O'Lenick, P. Somasundaran. Surfactants in personal care products and decorative cosmetics. E.3. 2006: Publisher CRC Press. P. 480.

25. BS ISO 14887 (2000), Sample preparation - dispersing procedures for powders in liquids. P. 24.

26. Кульков С.Н. и др. Особенности фрагментации частиц ZrO_2 при механической обработке // Письма в ЖТФ. 2009. 3. 35т.

27. Васильев Л.С., Ломаева С.Ф. О пределе измельчения металлов методом механического диспергирования // Химия в интересах устойчивого развития. 2002. 10.

28. J. Baldyga, L. Makowski, W. Orciuch, C. Sauter, H.P. Schuchmann. Agglomerate dispersion in cavitating flows // 13th European Conference on Mixing. 2009.

29. Y.R. Charabudla. Process for formation of cationic poly (lactic-co-glycolic acid) nanoparticles using static mixers. 2008.

30. Y. Hwang, J. K. Lee, Y. M. Jeong, S. I. Cheong, Y. C. Ahn, S. H. Kim. Production and dispersion stability of nanoparticles in nanofluids. Powder Technology, 2008. 186(2): p. 145-153.

31. D. To, R. Dave, X. Yin, S. Sundaresan. Deagglomeration of Nanoparticle Aggregates via Rapid Expansion of Supercritical or High-Pressure Suspensions. AIChE Journal, November 2009 Vol. 55, No. 11, P. 2807-2826.

32. K. Wallenstein. Deagglomeration of nanoparticles using RESS

33. Хмелев В.Н. и др. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности // Бийск. 2010.
34. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука // М.: Книга по требованию. 2012.
35. Хасанов О.Л., Двилис Э.С., Полисадова В.В., Зыкова А.П. Эффекты мощного ультразвукового воздействия на структуру и свойства наноматериалов // Томск. 2008.
36. Хмелев В.Н. и др. Метод расчета оптимальных интенсивностей ультразвукового кавитационного воздействия на вязкие и высокодисперсные жидкие среды // XII международная конференция – семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM'. 2011.
37. Хмелев В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве // Барнаул. 1997.
38. Борисова Т.А., Филиппов А.А., Фомин В.М. Исследование упругих характеристик материала с наличием в структуре нанодисперсного порошка // Математика и механика.
39. Ананьева Е.С. и др. Модификация эпоксидианового реактопласта горячего отверждения наноматериалами различной природы // Химия
40. T. Hanemann, D. V. Szabo. Polymer-Nanoparticle Composites: From Synthesis to Modern Applications. Materials 2010, 3, 3468-3517.
41. H. Zhang, Z. Zhang, K. Friedrich, C. Eger. Property improvements of in situ epoxy nanocomposites with reduced interparticle distance at high nanosilica content. Acta Materialia, 54, (2006). P. 1833–1842.
42. Asma Yasmin, Jandro L. Abot, Isaac M. Daniel. Processing of clay/epoxy nanocomposites by shear mixing. Scripta Materialia 49 (2003). P. 81–86.

43. V. A. Beloshenko, T. E. Konstantinova, A. P. Borzenko, and V. A. Glazunova. Effect of Filler Aggregation on Properties of a Composite Based on Epoxy Polymer. Russian Journal of Applied Chemistry, Vol. 78, No. 9, 2005, P. 1508-1511.
44. Schaefer DW, Justice RS: How nano are nanocomposites? Macromolecules 2007, 40:8501.
45. Tomer et al. Epoxy-based nanocomposites for electrical energy storage. I: Effects of montmorillonite and barium titanate nanofillers J. Appl. Phys. 108, 074116. 2010.
46. S. Singha and M. J. Thomas. Dielectric Properties of Epoxy Nanocomposites. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 15, No. 1; February 2008. P. 12-23.
47. M. Kurimoto, H. Watanabe, K. Kato, M. Hanai, Y. Hoshina, M. Takei and H. Okubo. Dielectric Properties of Epoxy/Alumina Nanocomposite Influenced by Particle Dispersibility. 2008 Annual Report Conference on Electrical Insulation Dielectric Phenomena. P. 706-709.
48. Р.Н. Голых, С.С. Хмелёв, В.Н. Хмелёв. Ультразвуковая кавитационная обработка вязких и жидких высокодисперсных сред. Материалы Всероссийской конференции ИАМП–2010. С. 125-130.
49. Kotov Yu A. Electric explosion of wires as a method for preparation of nanopowders // Journal of Nanoparticle Research 5: 539–550, 2003. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
50. Осциллографическое определение энергии электрического взрыва проволочек / Кварцхава И. Ф., Бондаренко В. В., Плюто А. А. и др. // Журн. эксп. и теор. физ. - 1956. - Т. 31. - № 5. - С. 745 – 751.
51. Berne B. J., Pecora R. Dynamic light scattering with application to chemistry, biology, and physics / Mineola NY: Dover Publ., 2002.
52. Лернер М.И., Давыдович В . И., Сваровская Н. В . Зависимость дисперсности нанопорошков металлов и процесса их

агломерации от температуры газовой среды при электрическом взрыве проводников // Физическая мезомеханика. – 2004. – № 7. – Ч. 2. – С. 340 – 343.

53. Федоткин И. М., Немчин А. Ф. Использование кавитации в технологических процессах. – Киев: Вища шк., 1984. – 68 с.

54. Новицкий Б. Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах. – М.: Химия, 1983. – 192 с

Приложение А

Раздел 6

Иностранный язык

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 4АМ41 | Султанов Халмурат Таиржанович | | |

Консультант кафедры ФВТМ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------|---------------------------|---------|------|
| доцент | Коростелева Е.Н. | К.Т.Н | | |

Консультант – лингвист кафедры ИЯ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|---------------------------|---------|------|
| доцент | Прохорец Е.К. | К.П.Н | | |

Literaturübersicht

Aus der Vielzahl von Verfahren zur Herstellung von Nanokompositen kann Richtung unterscheiden, wenn anorganische Nanopartikel und Polymer getrennt synthetisieren, dann die Nanopartikel dispergiert in einer Polymerlösung.

Die Aussicht auf diesen Trend ist die Tatsache, dass die vorgeschlagene Technologie ermöglicht Ihnen die Flexibilität zum Bearbeiten der Eigenschaften der Polymer-Nanopartikel und empfangen von Materialien für die praktische Anwendung

1.1. Zusammensetzung des NKP

Es ist bekannt, das kompositorische genannte Material, bestehend aus zwei oder mehr Phasen unterteilt klare Interphase-Grenze. Einführung in das Polymer noch eine Nanokomponente ermöglicht es ein System mit verstärkende Elemente platziert in der Matrix erstellen. Die Rolle der Matrix zurückführen verleihen dem Material die Form, verbindet disparate Elemente in einem einzigen System, sowie die Umverteilung der Lasten im gesamten Volumen des Verbundes zu geben. Füllstoffe können in zwei Gruppen unterteilt werden.

Zur ersten Gruppe gehören, sogenannte inerte Füllstoffe, die verwendet werden, um die Kosten des Verbundes zu reduzieren. Diese Arbeit wird behandelst Füllstoffe, die für die Verbesserung der Eigenschaften von Polymeren [1].

1.1.1 Die Matrix.

Eine Vielzahl von Polymeren Materialien bietet eine breite Palette von Möglichkeiten bei der Wahl der Matrix. Diese Entscheidung bezieht sich auf Bedingungen von Stoffen von der NKP. Ebenso, die Wahl der Matrix hängt an der Möglichkeit des Herstellers.

In dieser Arbeit wurde als eine Matrix aus Epoxid Harz ausgewählt, weil, mit einer Reihe von Eigenschaften, ist es unter der am meisten bevorzugten Bindemittel. Wichtig ist auch die einfache Beschaffung Nanokomposit auf Basis von Epoxid-Harz. Solche Eigenschaften sind: gute Haftung auf den meisten Füllstoffen, eine Vielzahl von Harzen und kurieren sie Komponenten, geringe Schrumpfung und kein Ausfluss irgendwelcher flüchtigen Substanzen in den Prozess der Aushärtung, eine hohe Chemischebeständigkeit usw. Epoxidharze sind Oligomere oder einzelnen niedermolekularen Produkte, immer in den Prozess der Heilung Epoxid genähte Polymere. Solches Material kann als Kleber und als Strukturmaterial handeln. Zur gleichen Zeit, mit einer Reihe von Vorteilen sind Epoxidharze in vielen Branchen als Strukturklebstoffe Haftkraft von Produkten aus Metallen und nichtmetallischen Werkstoffen verwendet.

Die Verwendung von Epoxy-Klebstoffen gibt erhebliche technische und wirtschaftliche Effekt, so dass die Verbesserung von Arbeitsabläufen Herstellung von verschiedenen Konstruktionen, Geräte, Vorrichtungen und Produkte.

1.1.2 Der Härter.

Für die Initiierung der Aushärtung des Epoxidharzes einführen in das Volumen des Harzes den Härter, als zweite Komponente in zwei-Verpackungs-System. Solchen scheinbar unangenehme Art und Weise des Erhaltens Epoxy-Kompositionen, die die Lebensfähigkeit einer Mischung aus Harz und härter begrenzt, bietet Entwicklern enorme Chancen. Den Typ der Komponente ändern, und können ihre relative Menge erhalten Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften gegeben. Viele die Eigenschaften der resultierenden Klebeverbindung auf Epoxid-Klebstoffe sind stark abhängig vom verwendeten Härter . Am einfachsten kann man Sie aufteilen in zwei große Gruppen - die Härter, die bei Raumtemperatur (aliphatische Amine, etc.), und die Härter, die bei erhöhten Temperaturen (anhydride Säuren, etc.). Diese Aufteilung bedingt, da die Härter, die bei Raumtemperatur arbeiten kann und bei erhöhter. Dabei, so

führt dies zur Verkürzung der Aushärtung sowie zur Erhöhung der Festigkeitseigenschaften des erhaltenen Klebeverbindungen.

Genauer gesagt, zwei Gruppen die Härter zeichnen sich dadurch aus, dass anhydride gelten als Konstruktions-Materialien mit verbesserter Hitzebeständigkeit, und ebenso für die Verklebung von den verantwortlichen Bauteilen aus Metallen. Kälte-härtende Klebstoffe für die Verklebung von nicht-metallischen Werkstoffen in verschiedenen Kombinationen verwendet. Außerdem Epoxid-Klebmassen bei Raumtemperatur erreicht, zeichnet sich durch Lebendigkeit, nicht mehr als ein paar Stunden. Im Gegenteil, die Klebstoffe, die aus dem Anhydriden bekommen, haben eine lange Lebensdauer. [3,4]

In [2,5,6] es wurde beobachtet ,dass Forscher als Epoxy-Harz-harter,PEPA und IMTGFA gelten.

1.1.1 Die Füllstoffe.

Alle Nanokomposite können in drei Hauptklassen unterteilt werden: die disperse –gehärtet , die mit Fasern verstärkt, die gehärtete flockenartigen Nanopartikel. Das heißt, im ersten Fall alle drei Partikel sind in den Nanometer-Bereich, während im zweiten Fall 2 Parameter, und in der Dritten nur die Dicke der Partikel nicht übersteigt 100 Nanometer.

Ein wichtiger Parameter von Nanopartikeln ist ihre spezifische Oberfläche, durch die Partikel mit den funktionellen Gruppen des Polymers interagieren. Dabei dieses Molekül adsorbieren auf die Partikel eine Polymermatrix und die Adhäsions-Kräfte eine starke Verbindung zu gewährleisten. In der Welt aktiv Forschung Faktoren, die die Wirksamkeit der Änderung der Polymere Werkstoffe und Nanopartikel. Laut literarische Daten, den größten Einfluss von Faktoren wie Größe, Form und Anzahl der Partikel, deren Verteilung in das Matrixmaterial, die Fläche der Wechselwirkung zwischen

Polymer-Nanopartikel, sowie verbesserte Kommunikation Systeme durch den Einsatz von finishing Tenside [7,8].

Als Bindemittel, Füllstoffe, es gibt unzählige. Somit stellt sich die Frage der Auswahl dieser oder jener Komponenten, die für die Rolle verstärkenden Substanzen. Es ist auch notwendig, auf die Kosten der Produktion, ökologische Sicherheit, Verfügbarkeit von Produktionstechnologien zu achten.

Am besten geeignete наноразмерными Umgebungen für die Modifikation von Polymeren Nanopartikel sind Keramik - Metallverbindungen mit Sauerstoff und Stickstoff. Dies ist aufgrund der Tatsache, dass solche Partikel in geringerem Maße agglomeriert, im Vergleich mit Nanopartikeln.

Eine große Anzahl von Studien zeigten, dass die Modifikation der Nanopartikel Epoxy Kompositionen beeinflusst ihre mechanischen Eigenschaften. Insbesondere Untersuchungen über das Verhalten von Verbundwerkstoffen beim dehnen bestätigen solche Effekte, wie der Anstieg des elastizitätsmoduls und der Härte, sowie die Verringerung der Plastizität [9,10].

Die beliebtesten Stärkung Agenten für Epoxy-Polymere sind keramische Nanopartikel organischen Ursprungs (Organoclays). Bisher sind Nanokomposite "Organogлина-Epoxy-Matrix" die am meisten untersuchte Systeme unter Epoxy Nanokomposite. Die Forschung der Zugfestigkeit von Epoxy Composites mit Nanopartikeln Organoclays, zeigen, dass auch kleine Zusätze (bis zu 5 gew. -%) solche Partikel erhöhen den Elastizitätsmodul und Zugfestigkeit des verbundwerkstoffs, wobei eine Verringerung von deren Dehnung [11-15].

In der Arbeit [16] von den Autoren zeigt die Wirkung der Nano Aluminiumoxid auf die mechanischen Eigenschaften von Epoxy-Matrix. Festgestellt, dass 60 % der Einführung in Nanogröße Aluminiumoxid stellt eine Verdoppelung der Zugfestigkeit Elastizitätsmodul. Dabei ist die Zugfestigkeit des Verbundes unter Spannung von 20,9 MPA auf 14,8 MPa und Dehnung von 625 bis 495 % reduziert. In der Arbeit [17] bei der Einführung von bis zu 15 % der

Nanogrösse Aluminiumoxid in Epoxy festgestellt Matrix der Autoren eine Erhöhung der Zugfestigkeit Elastizitätsmodul in das 1,5-fache. Dabei ist die Zugfestigkeit sinkt auf 10 MPa und die Dehnung auf 8%.

Diese Änderung der Eigenschaften von Verbundwerkstoffen genannt, laut den Autoren sowie agglomerieren Füller und die schwachen Wechselwirkungen zwischen seiner Oberfläche und das Matrixmaterial. Autoren [17] festgestellt, dass die Einführung von vorverarbeiteten Silanol'nyimi TENSID Vorläufer, führt nicht zu erheblichen Rückgängen Werte der Zugfestigkeit und Bruchdehnung, in diesem Fall der Elastizitätsmodul ist unverändert. Eine ähnliche Wirkung wie die Autoren [18] zeichnet sich durch die Festigkeitseigenschaften von Epoxy Nanokomposite mit 1 % im Vergleich von Masse. und 3 Masse-%. verarbeitete und unverarbeitete PAV Aluminiumoxid Nanopulver.

Festgestellt wird, dass die Einführung von 3 Masse-%. Nanopowder Größe e-Modul Zugfestigkeit Material um 85 % erhöht und es kommt nicht darauf an ob verarbeitet Vorläufer. Dabei die Zugfestigkeit der Verbundwerkstoff mit Nanoporoškom Tensiden behandelt, erhöht sich um 60 % und Zugfestigkeit des Materials von Nanoporoškom ohne Verarbeitung sinkt um 20 % im Vergleich mit dem ursprünglichen Material. Nach Ansicht der Autoren erhöht den Elastizitätsmodul von Polymere Nanocomposites abhängig von der Anzahl der dispersen Phase in einer Matrix. So, die wichtigsten Faktoren, die die Veränderung der Festigkeit und Steifigkeit der NKP, ist die Anzahl der Nanogrösse Füllstoffe, seine Ausdehnung und Kompatibilität mit Polymer-Matrix. Diese Faktoren bieten eine Verhärtung der composite-Materialien, die durch die Übertragung der angelegten Spannung aus dem Matrixmaterial auf Füller Nanopartikel [19,20] erreicht wird.

1.2 Etappen der Herstellung von NKP.

Wie aus den Angaben, die in der Literatur, immer Nanokomposite mit zuvor erhalten durch das Mischen der Komponenten auf den ersten Blick, die

offensichtlichste und einfachste Methode. Jedoch wenn die Polymere bilden eine stabile Verbindungen mit bestimmten Eigenschaften und ihre synthetisierte verwenden Techniken bekannt und Ausrüstung, die Synthese von Nanopartikeln mit stabilen Eigenschaften ist eine schwierige Aufgabe.

Jedoch wenn die Polymere bilden eine stabile Verbindungen mit bestimmten Eigenschaften und sie synthetisierte verwenden Techniken bekannt und Ausrüstung, die Synthese von Nanopartikeln mit stabilen Eigenschaften ist eine schwierige Aufgabe. Aufgrund der hohen Oberflächenenergie sind Nanopartikel anfällig für Aggregation und Agglomeration. Bei einer normalen Vermischung mit Lösungen von Polymeren ein großer Anteil der Nanopartikel liegen in Aggregaten und аггломератах Mikron und sub-Mikrometer-Bereich.

Verarbeitung von Nanopartikeln durch Ultraschall oder Tenside, die Interphase Grenzen zu adsorbieren und Aggregation verhindern können kann den Grad der Dispersion der Partikel in die Matrix deutlich erhöhen. Nachdem eine solche Änderung von Nanopartikeln mit Polymer-Matrix in gewisser Weise nicht zu verlieren, die Vorteile der Nanorazmery Partikel kombiniert werden sollte. Jedoch kann um gleichmäßige Verteilung von Nanopartikeln in der Matrix zu erreichen, nicht immer durch ihre begrenzte Kompatibilität, wodurch anisotropen Eigenschaften des Nanokompozitnogo Materials. Die Unvereinbarkeit dieser anorganischen und organischen Komponenten – das Hauptproblem, die bei der Erstellung einer NCP konfrontiert. Deshalb ist eine wichtige Aufgabe zu finden und die Entwicklung von optimalen Praktiken des nanoskaligen Modifikatoren in Polymer-Matrix.

Eigenschaften von nanoskaligen Materialien richten sich nach den Methoden ihrer Synthese und werden als Eigenschaften der Nanopartikel selbst und die Besonderheiten ihres Zusammenwirkens definiert. Also ist ein weiteres Thema, richtig nano-Füllstoff zu synthetisieren. In den Prozess der Erlangung von Nanopartikeln durch physikalische Methoden, sie bilden Aggregate und Agglomerate Mikrometrovogo Bereich, der ihre ungleiche Verteilung in der

Polymermatrix ermöglicht, sowie Verringerung die Oberfläche für Interaktion zur Verfügung. Dabei werden in der Matrix-Material entstehen nicht-Gleichgewichts Strukturänderung, die zur leichten Verbesserung oder einer Verschlechterung der Eigenschaften von Polymer-Verbundwerkstoffen beiträgt .

Als die Autoren des Artikels [5], die große Agglomerate von Nanopartikeln können die Wirkung der Verhärtung auf Null zunichte machen. Die Forscher führen dies auf die Tatsache, dass die Anhäufung von Nanopartikeln Naben von Spannungen im Material. Aus dem oben Gesagten, , gibt es eine Notwendigkeit deagglomerieren nanopulvern vor Ihrer Einführung in eine Polymere Matrix.

1.2 Deagglomeration des Füllstoff.

Der Prozess der Deagglomeration Nanopartikel kann in drei Phasen [24, 25] unterteilt werden:

1. Einführung von Nanopulver in der Dispersion Mittwoch. Zu diesem Zeitpunkt bereit Aussetzung Agglomerate Nanopulver Dispersionmedium und gewährleistet ihre Benetzung.
2. Deagglomeration Nanopulver in Suspension mit verschiedenen Methoden. Im Verlauf dieser Etappe auf Aussetzung Auswirkungen zu spüren, bietet große Scherkräfte Dehnung oder Kavitation Effekte. Die Zerstörung der Agglomerate von Nanopartikeln mit der Bildung von neuen Flächen zur Verfügung, um Interaktionen und deren kontinuierlichen Benetzung Umgebung an.

Erforderliche Verfahren nach Deagglomeration Nanopulver ist die Stabilisierung ihrer Zerstreuung Zusammensetzung. Stabilisierung bedeutet verhindert erneute Agglomeration der Partikel in der Suspension erzeugt. Stabilisierung ist gewährleistet durch den Zustand der Oberfläche Deagglomeration Nanopartikel und Auswahl der optimalen Streuung Mittwoch oder die Einführung von stabilisierenden Tenside erreicht.

Betrachten wir die gängigsten Methoden Deagglomeration Nanopulvern.

Eine Möglichkeit der Dispergierung von Pulvern ist die Methode der mechanischen Zerkleinerung in verschiedenen Mühlen. In diesem Fall ist die Zerstörung von Aggregaten geschieht, wenn zwischen Mahlkugeln Ihre Berührung mit Körpern und Wänden. In diesem Fall tritt die Zerstörung der Einheiten, wenn zwischen Mahlkugeln Ihre Berührung mit Körpern und Wänden, sowie bei einer Kollision der Partikel untereinander. Im Verlauf einer solchen Behandlungsart, darüber деагломерации erfolgt eine zusätzliche Aktivierung des Pulvers durch das Aufkommen neuer freier Oberflächen. Gleichzeitig auftritt und die Bildung von Strukturfehler im Volumen von Nanopartikeln sowie aktiven Zustand auf ihrer Oberfläche.

Diese Methode ermöglicht deagglomeration breites Spektrum von Pulvern, wie in einer trockenen Form als auch in verteilten Umgebungen (mit dem Einsatz von Tensiden). Es gibt jedoch einige Nachteile. Die wichtigste von Ihnen ist die geringe Effizienz der Behandlung und die Dauer des Prozesses (Dauer die Deagglomeration kann Dutzende von Stunden) [26]. Anderen die Nachteile einer solchen Behandlung ist, dass es in der Lage ist das ändern der ursprünglichen Architektur Nanopartikel, und auch auch die Existenz der mögliche Verschmutzung von Baumaterial Pulver Mühlen.

Hocheffiziente, ist die Methode der Deagglomeration Nanopulver mit der Verwendung von Hochdruck-Homogenisator, können Sie die Agglomerate einer Größe von weniger als 100 Nm. Das Wesen der Methode besteht im Durchpressen die Suspension des Nanopulver durch eine schmale Düse (80 μm) unter dem Druck 300 MPa. Aufgrund des starken Anwachsens der Geschwindigkeit und der Turbulenz Partikel erfahren eine große Spannung Grenzfrequenz.

Großen Einfluss und Wirkung der Kavitation, die von der momentanen Druckabfall unter den Dampfdruck der Flüssigkeit gebildet wird. Nachteile der Methode können die hohen Kosten und die Komplexität der Anlagen, abrasiven Verschleiß der Düsen und anderen Bauteile. So markiert der Prozess des Erhitzen

der Suspension und die Möglichkeit der Änderung der Architektur und der phasenzusammensetzung der primären Nanopartikeln [28]. Eine andere gängige Methode der Deagglomeration des Pulver in der Suspension ist die Verwendung von mechanischen oder magnetischen Rührwerken [29]. Diese Methode der Deagglomeration ist ganz einfach in Hardware-Design. Aber es hat geringen Effizienz, sowie als Prozess wiederholen Sie nicht verhindern, dass die Aggregation der Partikel. Darüber hinaus die Anwendung magnetischer Rührer gelten nicht für die Verarbeitung von Namagničivaûšihsâ Pulver. Weiterhin ist die Verwendung von Magnetrührer nicht anwendbar für die Behandlung magnetisierend Pulvern.

Oft genug wird die Methode von Deagglomeration des Nanopulvern in Suspensionen mit dem Einsatz von High-Speed-Homogenisator [30]. Das Wesen der Methode besteht in der Streichung Suspension von nanopulvern durch das System der «beweglichen Rotor - Stationärer Stator». Mit Geschwindigkeiten von bis zu 20000 u/min drehen, gibt Stator Suspension fließt, die Beschleunigung, wodurch die Aussetzung des Rotors durchläuft. Kollision mit einander und mit den Wänden der gleichen Kanäle kommt Zerstörung der Agglomerate von Nanopartikeln. Zusätzliche Auswirkung auf den Prozess der Deagglomeration hat eine Kavitation, die aufgrund eines differentiellen Geschwindigkeit fließt Aussetzung auftritt. Mit der vorgestellten Methode bekommt homogenisierte Suspension mit Nanopartikeln und deren Agglomerate mit einer Größe bis 100 Nm. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der Verarbeitung ausreichend großes Volumen der Suspension. Nachteile der Methode gilt hohe Polydispersität erhielt Suspensionen sowie seine Überhitzung. So trägt die Wahrscheinlichkeit des Strahlmittels Elemente von Stator und Rotor, die die Möglichkeit der primären Verschmutzung der Nanopulver erstellt.

Eine relativ neue Art von Deagglomeration Pulvern ist die Methode der High-Speed-Erweiterung Suspensionen unter hohem Druck [31,32]. Für Deaglomeracii durch Suspension unter Druck bis zu 8 Mpa Strahlpumpe über

CO₂. Von einem Jet des Gases abgeholt, Agglomerate werden an das Expansionsventil mit einem Durchmesser von 254 Mikrometer Kanal weitergeleitet wo sie aufprallen einander, und das gleiche mit den Wänden des Kanals. Danach tritt der Gasstrom in isokinetische Verlängerungsrohr, wo aufgrund der sofortigen Druck, Staub Nanopulver und seine Agglomerate in einem gasförmigen Medium. Weiter erfolgt die Abscheidung deagglomerierte Nanopulver. Methode ist gute hohe Reproduzierbarkeit sowie die Fähigkeit, die Feinheit des fertigen Produktes anpassen, indem der Gasstrom zu kontrollieren. Allerdings ist diese Methode unterscheidet sich die Komplexität der Hardware-Design, sowie geringer Produktivität.

Derzeit ist die am häufigsten verwendete Methode der Deagglomeration Ultraschall-Suspensionen-Pulver in verschiedenen Umgebungen. Die Methode ist einfach in Hardware-Design, es sowie die Fähigkeit, den Übergang vom Labor Forschung in die industrielle Produktion mit hoher Reproduzierbarkeit und führte zu seiner Verbreitung [33].

Der Prozess der Deagglomeration Pulver durch Einwirkung von Kavitation. Dieser Effekt beruht auf dem Phänomen der akustischen Kavitation. Das Wesen der Methode besteht in der Bildung und die anschließende Zusammenbruch der Gasblasen in einem flüssigen Medium, die Stoßwellen zu produzieren, die Auftritt Threads verteilten Umgebung, bewegten sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1000 km/h [34]. So, auf die Partikel wirken mehrere gepulste Last, kein Zusammenhang zwischen den Teilchen, zerstörend Zusammenhang zwischen den Teilchen. Weitere Ursache für die Zerkleinerung kann auch dazu dienen, den Prozess der Kollision der Teilchen untereinander [35]. Die Wirksamkeit der Kavitation hängt stark an der Viskosität des Mediums. In Mediums mit niedriger Viskosität minimal Hindernisse für die Zerstörung der Agglomerate, sowie für eine gleichmäßige Verteilung der Partikel im Volumen.

In mehr viskosen Mediums, *ceteris paribus*, ist der Effekt der Kavitation äußert sich viel schlimmer, und damit muss man große Werte der Intensität der

akustischen Rückkopplung. Eine Zunahme der Viskosität des Mediums reduziert den Wirkungsgrad der verwendeten Ultraschall-Apparates [2,36]. Hauptsächlich produzieren Ultraschallbehandlung mithilfe von Ultraschall-Bäder oder Dispergiermittel Tauchpumpe Typ.

Bei der Verarbeitung der Suspension in Ultraschall-Bädern beobachtet die geringe Effizienz der Deagglomeration. Dies ist darauf zurückzuführen, vor allem die Tatsache, dass Ultraschall die Wirkung erfolgt über die Übermittlung der Wassersäule, sowie mit der Behälterwand Suspension. Dadurch gibt es eine deutliche Dämpfung der Ultraschallschwingungen, die die Wirksamkeit von Kavitationprozess, was wiederum, die Effizienz des Prozesses der Deagglomeration reduziert. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Vollbad Prozess der Kavitation nicht erreichen gleicher Intensität. Angesichts all dessen, deagglomerierte Pulver im Ultraschallbad, zeichnen sich durch ein hohes Maß der Polydispersität.

Bessere Ergebnisse können erzielt werden, durch Anwendung der Deagglomeration -Methode mit Ultraschall Dispergiermittel Tauchpumpe Typ [37]. Methode hat eine höhere Energiedichte, auf die verarbeitete Gülle angewendet. Dies spiegelt sich in einer intensiveren Einwirkung von Kavitation, die die Effizienz des Prozesses Deagglomeracii verbessert. Methode ermöglicht es Ihnen zu einer Aufschlämmung mit Nanopartikeln und Agglomerate im Dimensionsbereich bis zu 300 nm. Der Vorteil der Methode ist auch die hohe Leistung. Wirksamkeit der Ultraschall-bemerken die Autoren des Artikels [38]. Aus ihrer Sicht, "Anwendung von Ultraschall Schwankungen besser Einheiten aufgeteilt und die Teilchen in einem Volumen, das einen positiven Effekt auf die Eigenschaften des Materials hat gleichmäßig zu verteilen.

1.2.1 Varianten für die Einführung des Füllmaterials des Füllstoff.

Der nächste Schritt in der Herstellung von NKP, ist die Einführung von

Füllstoff in der Matrix-Umgebung. Dabei stellt sich die Frage nach der Wirkung der Reihenfolge der Mischung mischen. Da nanopowder besitzt eine große aktive Oberfläche adsorbieren kann es sich als Kette Epoxy und Härter. So, die Umkehrung der Reihenfolge der Vermischung der Komponenten, kann man Einfluss auf die Stöchiometrie in lokalen Bereichen.

Unter Berücksichtigung der verfügbaren Daten über die Polymeren Nanocomposites Möglichkeiten, die folgende Einführung von Vorstufen in eine Polymermatrix basierend auf Epoxidharzen angeboten.

1. Vorbereitung des Vorläufers. Vorbereitung der Suspensionen von Nanopulver in der Umgebung von Ethanol und nachfolgende Deagglomeration von Ultraschall mit Dispergiermedium Tauchpumpe Typ.

2. Einleitung die behandelten Aussetzung in der Umgebung des Epoxidharz mit die kombinierte Wirkung von Temperatur, hoher Intensität Ultraschall-Mischen und Verarbeitung. Die Bedienung erfolgt bis zur vollen Entfernung der Dispersion Mittwoch aus der Mischung.

3. Mischen des eingegangenen Materials mit dem Rest der Matrix die kombinierte Wirkung von Temperatur, hoher Intensität Ultraschall-Mischen und Verarbeitung.

4. Empfang und Prüfung von Verbundwerkstoffen.

In der Arbeit [2] beschreibt die folgenden Möglichkeiten: in die fertige Epoxy-Zusammensetzung Pulver geknetet wurde, und dann wurde die Deagglomeration von Ultraschall; das Pulver dispergiert in weniger viskosen Härter, dann die Mischung einfließen und in epoxyharz; das Pulver gemischt mit dem Epoxidharz, dann beimischen den Härter.

Als die Anmerkung des Autors, die Günstigste Variante ist die Einführung von Nanopartikeln in weniger Viskosemedium, da es ein Prozess der Deagglomeration geht mehr aktiv (die Hindernisse für die Partitionierung der Agglomerate, sowie für eine gleichmäßige Verteilung der Teilchen minimal). Die Autoren der Arbeit [39], für die Zubereitung von NKP verwendet das gleiche

Schema Einführung des modifizierungsmittels in dem Epoxy-Zusammensetzung.

Heute sind die häufigsten Arten der Verabreichung zuvor synthetisierten nanopulvern in einem Matrix-Polymer oder seine Komponenten mit der weiteren Gestaltung der kompositorischen Materials während der Aushärtung («ex situ»). Breite Anwendbarkeit solcher Methoden verbunden mit der Einfachheit Ihrer Hardware-Gestaltung und Verfahren zur Herstellung polymerer Nanokomposite.

Eine Möglichkeit, dies zu tun ist, Pulver in Mittwoch mit anschließenden Homogenisierung erhaltenen Mischung mischenden Komponenten [40] zu ergänzen. Bei der Verwendung von stabilisierter Nanopartikeln durch die Sol-Gel-Methode hat diese Methode Composites mit deren gleichmäßige Verteilung in das Matrixmaterial [41] erhielt. Jedoch im Falle von agglomerierten Nanopartikeln, kann nicht diese Methode nicht effektiv zerstören Agglomerate und abgeleitete Partikel in der Volumen-Matrix [42,43] verteilen.

Ungleichmäßige Verteilung in der Matrix und Agglomeration den Nanopartikeln führt zu lokalen Neravnovesnym ändert sich die Struktur des Verbundmaterials, reduziert Oberfläche Interaktion von Nanopartikeln und Polymer [44].

Als ein Ergebnis der Agglomerate von Nanopartikeln können als strukturelle defekte des Materials, das zur Heterogenität Ihrer Eigenschaften führt. Deshalb ist eine der wichtigsten Aufgaben Nanokomposite Herstellung von Polymeren mit den gewünschten Eigenschaften ist die Ausarbeitung von Methoden der Modifizierung von Polymeren, um die größtmögliche Wirkung zu erzielen.

Einer der möglichen Wege zur Lösung dieses Problems ist die Deagglomeration des Nanopulver in der Matrix Polymer oder seiner Komponenten mit Hilfe von Ultraschall Belichtung. Da Ultraschall Kavitation Wirkung intensiver als mit Kompression Gegenstück Exposure blending ist, scheint diese Methode effektiver. Das Verfahren besteht in einem vorläufigen mischen der Komponenten Matrixpolymer mit nanoskaligen Vorstufen und der

anschließenden Dispergieren Teilchen Vorläuferzellen bei der Anlage zu der resultierenden Mischung der ultraschalleinwirkung.

In die Werken [45,46] zeigt den Einfluss der angegebenen Methode auf Verteilung der Nanopartikel in die erhaltenen Composites. Es sollte angemerkt werden, dass Nanopartikel stark agglomerating. Für Steigerung der Effektivität des Verfahrens zusätzlich gilt Hochgeschwindigkeits Zentrifugieren der Schmelze Verbundmaterial.

In der Arbeit [47] Nanokomposite wurden auf diese Weise zusätzlichen c Schmelze durch Zentrifugation für Pellet größten Agglomerate. Laut den Autoren der Daten verringert Zentrifuge Betrieb Schmelze den maximalen Durchmesser bis zu 300-Größe Agglomerationen 600 nm.

Nach literarischen Angaben, der Anstieg der Viskosität des Mediums reduziert die Intensität der Kavitation Prozess [48]. Es ist davon auszugehen, dass genau dieser Faktor verringert die Wirksamkeit von der Deagglomeration der Pulvern.